

THESES

PRESENTEES

A la Faculté des Sciences de l'Université de Paris

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITE

PAR

PARCELIER Pierre

1ère THESE : " Réalisation d'un chronographe imprimant au dix-millième de seconde ".

2ème THESE : Propositions données par la Faculté :
" Les Binaires à compagnons invisibles ".

Soutenues le 9 Juin 1967 devant la Commission composée de :

MM. UEBERSFELD

Président

RÖSCH

GUINOT

DELHAYE

LEVY

Examineurs

THESES

PRESENTEES

A la Faculté des Sciences

de l'Université de Paris

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITE

PAR

PARCELIER Pierre

1ère THESE : " Réalisation d'un chronographe imprimant au dix-millième de seconde ".

2ème THESE : Propositions données par la Faculté :
" Les Binaires à compagnons invisibles ".

Soutenues le 9 Juin 1967 devant la Commission composée de :

MM. UEBERSFELD

Président

"
RÖSCH

GUINOT

Examineurs

DELHAYE

LEVY

A mes Parents

A ma Femme

A mes Enfants



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549028_0035

UNIVERSITE DE PARIS
FACULTE DES SCIENCES DE PARIS

- PROFESSEURS -

Le Doyen..... *M. ZAMANSKY*

GRASSE.....	T Evolution des êtres organisés	Mlle CAUCHOIS.....	T Chimie Physique
PREVOST.....	T Chimie organique	THELLIER.....	T Physique du Globe
WYART.....	T Minéralogie & cristallographie	PONCIN.....	T Mécanique générale
TEISSIER.....	T Zoologie	DUBREIL.....	T Arithmétique & Théorie des nombres
AUGER.....	T Physique quantique & relativité	CAGNIARD.....	T Géophysique appliquée
MONNIER.....	T Physiologie générale	CHAMPETIER.....	T Chimie macromoléculaire
PIVETEAU.....	T Paléontologie	CUVILLIER.....	T Micropaléontologie
ROCARD.....	T Physique E.N.S.	TRILLAT.....	Microscopie & diffraction électronique
CARTAN.....	T Mathématiques E.N.S.	WIEMANN.....	T Chimie organique & structurale
LAFFITTE.....	T Chimie générale	VASSY.....	T Physique de l'atmosphère
N	T Géométrie supérieure	DESTOUCHES.....	T Théorie physique
COULOMB.....	T Physique du globe	AMIEL.....	T Chimie générale
CHRETIEN.....	T Chimie minérale	J.P. MATHIEU.....	T Physique optique
BQCQUET.....	T Zoologie	COUTEAUX.....	T Cytologie
KASTLER.....	T Physique E.N.S.	CHOQUET.....	T Théorie des fonctions & topologie
EPHRUSSI.....	T Génétique	FELDMANN.....	T Biologie végétale marine
GAUTHERET.....	T Biologie végétale CPEM	JOST.....	T Physiologie comparée
LUCAS R.....	Recherches physiques	FORTET.....	T Calcul des probabilités
THOMAS A.....	T Biologie	SCHWARTZ.....	T Calcul différentiel & intégral
MORAND.....	T Physique enseignement	CHOUARD.....	T Physiologie végétale
SOLEILLET.....	T Physique CPEM	MALAVARD.....	T Aviation (technique aéronautique)
FORTIER.....	T Mécanique expérimentale des fluides	BRELOT.....	T Analyse supérieure
DRACH.....	T Biologie maritime	NORMANT.....	T Synthèse organique
QUENEY.....	T Météorologie & dynamique de l'atmosphère	YVON.....	T Théories physiques
		COTTE.....	T Physique électricité
GALLIEN.....	T Embryologie	DUBOIS J.E.....	T Chimie organique physique
EICHHORN.....	T Botanique	LAMOTTE.....	T Zoologie E.N.S.
BENARD.....	T Chimie appliquée	OLMER.....	T Energétique générale
DUGUE.....	T Statistique mathématique	GAUTHIER.....	T Mécanique appliquée
SOULAIRAC.....	T Psychophysiologie	BARCHEWITZ.....	T Chimie physique
ULRICH.....	T Physiologie végétale appliquée	BROSSEL.....	T Physique atomique
KIRRMANN.....	T Théories chimiques	CHADEFAUD.....	T Botanique
Mlle LE BRETON.....	T Physiologie de la nutrition	LELONG.....	T Application de l'analyse à la géométrie
DEVILLERS.....	T Anatomie comparée	BUSER.....	T Physiologie comparée

RESMANN.....	T Topologie algébrique	CAMUS.....	T Physiologie végétale
RIEN.....	T Minéralogie & cristallographie	POSSOMPES.....	T Zoologie
ANCON.....	T Physique SPCN	PULLMANN.....	T Chimie quantique
ANGEAUD.....	T Géographie physique, géologie dynamique	TEILLAC.....	T Physique nucléaire & radioactivité
DEMENT.....	T Mathématiques MGP	VILLE.....	T Econométrie
SOT.....	T Technique mathématiques de la physique	FREYMANN.....	T Recherches physiques
CH.....	T Géologie	ROLLET.....	T Chimie minérale
HATZMANN.....	T Astrophysique	Mlle JOSIEN.....	T Chimie SPCN
RMIER.....	T Géologie générale	CHEVALLEY.....	T Géométrie algébriques & théorie des groupes
MANSKY.....	T Mathématiques générales	GERMAIN.....	T Mécan. Théo. des fluides
NNUIER.....	T Physique MGP	LUCAS G.....	T Géologie
UTHIER.....	T Géologie appliquée	ALLARD.....	T Chimie physique
e TONNELAT.....	T Physique théorique	BERTHELOT.....	T Physique des particules fondamentales
XMIER.....	T Mathématiques MPC	BRICARD.....	T Météorologie
UCHAY.....	T Chimie générale	Mme ALBE-FESSARD.....	T Psycho-physiologie
GRAIN.....	T Electrotechnique	M. JULIA.....	T Etude des molécules naturelles compl.
USSET.....	T Chimie systématique	MAGAT.....	T Physico-chimie des rayonnements
VY.....	T Physique théorique des hautes énergies	MONOD.....	T Chimie du métabolisme
e CHAIX.....	T Chimie biologique	PANNETIER.....	T Chimie générale 1
e HUREL PY.....	T Biologie végétale CPEM	DE POSSEL.....	T Analyse numérique
UN.....	T Mécanique des fluides 1	CHARLOT.....	T Chimie analytique
e DUBREIL.....	T Mathématiques (Agrégation)	CHATELET.....	T Chimie CPEM
e LELONG.....	T Mathématiques II E.N.S.	MATTLER.....	T Physique SPCN
LLAIR.....	T Géologie SPCN	AUBOUIN.....	T Géologie
UISSIÈRES.....	T Radiochimie	Mme BENOIT-GUEUTAL...	T Physique nucléaire & radioactivité
e COUTURE.....	T Thermodynamique & mécanique	BOUGIS.....	Biologie végétale marine Villefranche/mer
ANC.....	Biologie animale CPEM	RIGAUDY.....	T Chimie SPCN
HNELL.....	T Botanique tropicale	COLLONGUES.....	T Chimie appliquée
OLKOWSKI.....	T Physiologie générale	DUBERT.....	Biochimie
HER.....	T Chimie biologique	NOZIERES.....	T Physique fondamentale
UDOIN.....	T Biologie animale CPEM	CADIOT.....	Chimie organique
AUMONT.....	Biologie animale SPCN	IVANOFF.....	T Océanographie physique
AMONT.....	Géophysique ionosphère	FRANÇOIS.....	Zoologie
UREAU.....	T Botanique	TALBOT.....	Génie chimique
RIE D.....	Physique MGP	Mme NOUGAREDE.....	Botanique
RAND DELGA.....	T Géologie	BRUHAT.....	T Mathématiques MPC
LLER.....	T Physiologie végétale	FOURNET.....	Electricité générale
RTRAT.....	T Calcul des probabilités	DEHEUVELS.....	T Mathématiques propédeutique
ILLEUX.....	T Géologie SPCN	FURON.....	T Géologie SPCN
GNAN.....	T Physique électricité	Mme GANS.....	T Génétique
UDEL.....	T Mécanique ondulatoire	GENEVES.....	Biologie végétale CPEM
e CHOQUET-BRUHAT...	T Mécanique analytique & mécanique céleste	RAVIER.....	T Pétrographie
PE.....	T Pétrographie	HOLLANDE.....	T Biologie générale
le VEIL.....	T Physiologie générale	LIONS.....	T Analyse numérique
OFF.....	T Microbiologie	MAITTE.....	T Chimie organique
ESTRUNCK.....	T Mécanique Phys. & Expérimentale	NICOLAS.....	Géologie appliquée
BANNES.....	T Mécanique théorique	PANIGEL.....	Biologie générale
IRE.....	T Géographie physique & géol. dynamique	MOREL F.....	T Physiologie comparée
MOLET.....	T Mécanique des fluides	ROSEAU.....	T Mécanique théorique des fluides
LLOUE.....	T Physique de l'exosphère		

HOUILLOU.....	T Biologie animale	ROUBINE.....	T Electronique E.S.E.
OLIVIER.....	T Anthropologie	SILBER.....	T Chimie CPEM
SAMUEL.....	T Mathématiques (E.N.S. Jeunes filles)	UEBERSFELD.....	T Electronique
THIRY.....	T Mécanique céleste	HERVE.....	T Mathématiques
ABELES.....	T Physique SPCN	Mme PECKER-WIMEL.....	T Astrophysique
AMAT.....	T Thermodynamique	Mme PETIT.....	Biologie animale CPEM
BALKANSKI.....	Physique MPC I	TAVERNIER.....	Physique PC
LE CORRE.....	T Electricité	DURAND Michel.....	Biologie animale SPCN
NATAF.....	T Physique nucléaire & radio-activité	PASCAUD.....	Physiologie
ECHALIER.....	Biologie animale CPEM	CAGNAC.....	Electricité
BARRAUD.....	T Physique CPEM	FALK-VAIRANT.....	Physique nucléaire
DARS.....	Géologie structurale & appliquée	KRASNER.....	T Mathématiques
CAMEFORT.....	Botanique (agrégation)	BENZECCI.....	T Statistiques
VICHNIEWSKY.....	T Mécanique industrielle	VINH MAU.....	Physique MGP
SIGWALT.....	Chimie SPCN	DUQUESNES.....	Physique CPEM
BLAQUIERE.....	Automatique	SCHUTZENBERGER.....	T Programmation
BARUCH.....	Physique propédeutique	TREMILLON.....	Chimie MPC
ARNOUS.....	T Physique théorique	FAYARD.....	Chimie MPC
SLONINSKI.....	Génétique	BUVET.....	Chimie CPEM
MALLIAVIN.....	T Mathématiques propédeutique	AUTHIER.....	Minéralogie et cristallographie
GAUDEMAR.....	Chimie propédeutique	Mlle LIBERMANN.....	T Mathématiques
BROUSSE.....	T Mécanique théorique	BONNEFILLE.....	Electrotechnique
ROSCH.....	T Astronomie	Mme PUISEUX DAD.....	Biologie végétale
GUY.....	T Physique expérimentale	BERGER.....	T Géométrie supérieure
LAZARD.....	T Mathématiques MPC	DEDONDER.....	T Biologie cellulaire
MOREL P.....	Physique MPC	DUFOUR.....	T Electronique I.U.T.
ARSAC.....	Programmation	SCHAAL.....	Chimie CPEM
LEFEBVRE.....	T Chimie MPC	BAUCHOT.....	Anatomie comparée
BOK.....	Physique fondamentale	LANCE.....	Biologie végétale CPEM
CHAPEVILLE.....	Biochimie	GIRAUD.....	Botanique E.N.S.
BENOIT.....	Physique CPEM	HULIN.....	Physique PC
RIO.....	Chimie CPEM	VIGIER.....	Génétique
JAUZEIN.....	Géologie E.N.S.	GUERN.....	Biologie végétale
PREVOST G.....	Biologie cellulaire	SLODZIAN.....	Physique CPEM
FAVARD P.....	Biologie animale CPEM	LACOMBE.....	Logique mathématique
Mme CHARNIAUX-COTTON.	Evolution des êtres organisés	TAVLITZKI.....	Biologie cellulaire
ARVIEU.....	Physique CPEM	Mlle FICINI.....	Chimie CPEM
LEQUEUX.....	Astronomie	TAXI.....	Biologie animale CPEM
COHEN TANNOUDJI.....	Physique atomique	COLLENOT.....	Biologie animale CPEM
BASSELIER.....	Chimie propédeutique	BADOUAL.....	Electronique I.U.T.

Le secrétaire général.....R. *POULLAIN*

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.

PREMIERE PARTIE : CHRONOGRAPHES IMPRIMANTS.

Chapitre I : USAGE DES CHRONOGRAPHES IMPRIMANTS.

Chapitre II : APPAREILS ACTUELLEMENT UTILISES.

Chapitre III : CARACTERISTIQUES SOUHAITEES.

Chapitre IV : PRINCIPE GENERAL DU CHRONOGRAPHE REALISE.

DEUXIEME PARTIE : HORLOGE NUMERIQUE. PRINCIPE ET REALISATION.

Chapitre I : RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ET DE SCHEMAS D'ELEMENTS
DE BASE UTILISES.

Chapitre II : REALISATION.

TROISIEME PARTIE : ENREGISTREMENT.

Chapitre I : ENREGISTREMENT TYPE SERIE.

Chapitre II : ENREGISTREMENT TYPE PARALLELE.

QUATRIEME PARTIE : CIRCUITS ANNEXES DU CHRONOGRAPHE.

CINQUIEME PARTIE : PERFORMANCE DU CHRONOGRAPHE DONNANT LE RESULTAT POUR CHAQUE MESURE.

SIXIEME PARTIE : PROCEDE POUR DETERMINER AUTOMATIQUEMENT LA MOYENNE D'UNE SERIE DE MESURE.

Chapitre I : PRINCIPE UTILISE.

Chapitre II : APPLICATION ET FONCTIONNEMENT.

Chapitre III : REALISATION D'UNE VARIANTE DU PROCEDE.

Chapitre IV : RESULTATS OBTENUS.

BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION

Le présent travail concerne la réalisation d'un chronographe imprimant adapté aux besoins scientifiques modernes et permettant d'utiliser toute la précision que peuvent fournir les bases de temps.

Le Centre National d'Etudes Spatiales a demandé en 1964 la mise à l'étude d'un chronographe imprimant utilisable pour les enregistrements des observations de satellites avec une précision de $\pm 0,1$ ms. Dès 1965 nous avons réalisé un prototype répondant aux caractéristiques exigées, mais il ne permettait d'effectuer que des enregistrements espacés de plus de 1 seconde. En modifiant le dispositif d'enregistrement, le nombre de mesures a pu être amené à 5 enregistrements par seconde, dans le courant de l'année 1966. L'appareil se trouvant alors sous sa forme définitive, cinq exemplaires en version industrielle ont été construits à ce jour : deux se trouvent déjà en service et les trois autres en essais.

Il a ensuite été intéressant d'étendre les possibilités de l'appareil et d'obtenir directement la moyenne d'une série de mesures. Après plusieurs mois d'étude nous avons pu mettre au point un dispositif d'adaptation fournissant la solution du problème. Les essais ont été concluants ; le modèle définitif de ce type d'appareil est actuellement au point depuis janvier 1967. Il est prévu pour être associé avec des instruments astronomiques de "passage".

Ce travail a été réalisé au laboratoire du Service de l'Heure de l'Observatoire de Paris ; je remercie vivement Monsieur GUINOT, Astronome-titulaire, Chef du Service, qui m'a accordé toutes les facilités nécessaires à la poursuite de mes travaux.

La mise en œuvre et l'aboutissement de ce travail ont été possibles grâce à l'appui du Centre National d'Etudes Spatiales qui a droit à toute ma gratitude.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à Monsieur J-F. DENISSE, Directeur de

l'Observatoire de Paris, pour la confiance qu'il m'a accordée en me permettant d'effectuer ce travail.

Je remercie également Monsieur UEBERSFELD, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, qui a bien voulu présider mon jury de thèse.

Enfin je ne saurais oublier dans mes remerciements tout le Personnel du laboratoire qui a participé à la réalisation technique et pratique de ce travail. Je voudrais citer particulièrement Monsieur NGUYEN QUANG TAN avec qui j'ai partagé les difficultés des réalisations et les soucis de mise au point, ainsi que Messieurs RICHARD, HELMLINGER et BONNEAU pour leur aide efficace.

PREMIERE PARTIE

CHRONOGRAPHES IMPRIMANTS

CHAPITRE I

USAGE DES CHRONOGRAPHES IMPRIMANTS

La datation d'un phénomène ou d'un évènement se fait à l'aide de chronographes. Ces appareils permettent l'enregistrement d'instants précis exprimés suivant le cas en heures, minutes, secondes et fractions de seconde. Les instants sont habituellement matérialisés soit par des impulsions électriques soit par des fermetures ou des ouvertures de contacts mécaniques.

Il n'est effectué parfois qu'une seule mesure. Mais lorsqu'on désire obtenir avec une bonne précision la valeur d'une grandeur physique susceptible d'être entachée d'erreurs de caractère aléatoire, il est courant de procéder à une multiplicité de mesures et d'en calculer la moyenne arithmétique, étant admis que la loi des grands nombres jouant, les erreurs par excès et les erreurs par défaut s'élimineront mutuellement.

Les moyennes sont établies manuellement à partir des résultats individuels de chaque série de mesures, par lecture des bandes d'enregistrement. Si l'on a à sa disposition un ordinateur il est préférable que le chronographe commande la perforation de bandes ou de cartes.

Mais la mise en oeuvre de calculatrice entraîne des investissements importants qui ne peuvent se justifier qu'à la condition d'un emploi suivi et fréquent, et dans certains cas se posent en outre des problèmes d'encombrement et de poids.

Aussi des tentatives d'adaptation ont été faites pour obtenir des chronographes donnant

directement la moyenne des résultats. Mais ces adaptations doivent être faites sans pour autant entraîner la suppression des résultats partiels. Si au cours d'une série de mesures, l'un ou plusieurs des résultats partiels se trouvent erronés, la moyenne délivrée par l'appareil n'est plus exploitable. Il devrait être nécessaire de pouvoir disposer des valeurs individuelles de manière à ne pas rejeter entièrement une série de mesures qui est parfois unique ou obtenue avec bien des difficultés.

Les chronographes imprimants sont utilisés en Astronomie en association avec des instruments de passage (méridiens, astrolabes impersonnels Danjon, lunettes zénitales etc...) pour la détermination des ascensions droites d'étoiles ou pour la détermination de l'heure. Ils sont également utilisés dans les Etudes Spatiales pour l'enregistrement des passages des satellites artificiels (observations optiques, photographies ou par laser).

CHAPITRE II

APPAREILS ACTUELLEMENT UTILISES

I - De nombreux observatoires possèdent des chronographes Gauthier [1]. Un poids, par l'intermédiaire d'un filin d'acier, s'enroulant sur un tambour permet l'entraînement d'une série d'engrenages en vue d'obtenir, sur l'axe principal, une vitesse très légèrement supérieure à 1 t/s. Un régulateur à ailettes est utilisé pour obtenir une vitesse constante. L'axe commande une roue à échappement et une butée de débrayage provoque un arrêt périodique pendant un très court instant. L'envoi d'une synchronisation toutes les secondes permet un embrayage commandé, donc un départ contrôlé de la roue dans le temps. L'horloge est constituée par un ensemble de roues comportant des caractères gravés sur la périphérie, entraînées par l'échappement. L'impression est obtenue par frappe "*au vol*" des roues à caractères donnant une impression sur une bande de papier. Pour pouvoir être utilisé actuellement avec le maximum de précision, cet ancien chronographe a été modifié de manière à obtenir une horloge donnant un temps uniforme. C'est un moteur synchrone généralement alimenté par une fréquence étalon de 1 KHz qui entraîne maintenant l'horloge mécanique. L'électro-aimant d'impression est commandé par des circuits électroniques. [2], [3], [4], [5], [6].

Le chronographe Secrétan est une réalisation industrielle du chronographe Gauthier modifié [7], [8].

Caractéristiques principales :

- Appareil électro-mécanique.
- La précision du résultat de chaque mesure dépend de la précision de l'enregistrement.
- Le résultat est exprimé en minutes, secondes, dixièmes et centièmes de seconde.
- Un trait repère (*index*) permet d'estimer le résultat avec une précision de quelques millisecondes.

II - Le chronographe imprimant Oméga (Suisse) est un appareil électro-mécanique d'un principe similaire à celui décrit ci-dessus. L'entraînement des roues à caractères est effectué ici par un moteur synchrone 50 Hz. Cet appareil a été développé pour le chronométrage des temps dans les compétitions sportives [9]. Associé avec une commande électronique de frappe pour l'enregistrement, il est utilisé également pour les observations astronomiques et spatiales.

- Les caractéristiques de ce chronographe sont identiques à l'appareil modifié mentionné ci-dessus.
- Les heures sont enregistrées dans le résultat.

III - Les chronographes des Ets. Belin ont été les premiers appareils utilisant des circuits de comptage [10]. Des décades de comptage à tubes électroniques ont été employées dans la partie des circuits des fractions de seconde. Néanmoins dans la réalisation qui en a été faite, la commande de ces décades s'effectue par des impulsions de référence locales générées à partir de contacts mécaniques ou magnétiques, commandés par une roue phonique à 1 KHz. Le dixième de seconde est donné par un distributeur électro-mécanique, les secondes et les minutes par des compteurs électro-mécaniques. L'impression se fait sur une bande de papier, d'une part directement à partir de roues à caractères, d'autre part par frappe commandée au moyen d'un clavier de machine à écrire modifiée. Malgré des améliorations apportées par le constructeur [11] ces chronographes ne sont pas fiables. Ils ne sont plus fabriqués.

Caractéristiques principales comparées aux appareils précédemment examinés :

- a) Emploi de circuits de comptage pour l'horloge dont certains de technique électronique.
- b) La fonction "enregistrement du résultat" est en partie une fonction séparée du chronographe n'intervenant pas dans la précision des mesures.
- c) Les résultats sont exprimés en minutes, secondes, dixièmes, centièmes et millièmes de seconde.
- d) Précision des résultats : 1 ms.

IV - Le chronographe Ebauches SA (Suisse) est un appareil entièrement électronique, réalisé en circuits logiques de comptage à transistors et fournissant des impulsions de fréquence variable par bonds. Il a été utilisé une méthode d'intégration basée sur le comptage d'une fréquence variable [12]. Cet appareil doit être associé à un compteur électronique servant de totalisateur et à une machine imprimante. Le compteur est remis à zéro toutes les 20 secondes. Ce chronographe donne l'intervalle de temps entre une remise à l'heure du compteur et le temps moyen de 20 mesures.

- Contrairement aux autres appareils déjà mentionnés, ce chronographe ne permet pas l'enregistrement des valeurs individuelles, mais seulement le résultat de la moyenne arithmétique de 20 mesures centrées dans une série de 24 mesures.
- La précision du résultat est de $\pm 0,1 \text{ ms}$.
- Le résultat est seulement exprimé en secondes et fractions de seconde, et à un multiple près de 20 secondes.
- Cet appareil réalisé pour être associé avec l'astrolabe impersonnel Danjon, ne peut être employé à d'autres usages.

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES SOUHAITEES

Les caractéristiques souhaitées d'un chronographe sont les suivantes :

- 1° - Obtenir une précision de 1 ms ou même de 0,1 ms.
- 2° - Appareils fonctionnels. Les adaptations les plus courantes devront pouvoir être faites facilement lors de la construction par simple changement ou adjonction de circuits sans être l'objet d'une nouvelle étude.
- 3° - Les résultats devront pouvoir être obtenus de manière à être lisibles immédiatement, par exemple être exprimés en heures, minutes, secondes et fractions de seconde.
L'appareil devra être pourvu d'un dispositif de remise à l'heure avec départ contrôlé. Il devra en outre pouvoir fonctionner en horloge numérique visuelle.
- 4° - Enregistrement et si nécessaire affichage des résultats par exemple à l'aide d'indicateurs numériques lumineux.
- 5° - L'enregistrement de chaque information devra être une fonction séparée du chronographe. Son rôle sera de rendre lisible le résultat pour un dépouillement ultérieur. Il devra être obtenu par impression de chiffres sur bande de papier ou par perforation de cartes ou bandes ou bien par les deux procédés combinés.
- 6° - Appareil fiable. Le fonctionnement correct de l'appareil devra être obtenu par des circuits ne nécessitant aucun réglage aussi bien lors de la construction que lors de la maintenance. Ce qui implique l'utilisation de circuits logiques.
- 7° - Réalisation avec semi-conducteurs (transistors, diodes) exclusivement permettant l'obtention de modèle compact, et de faible consommation (appareil pour les missions). De plus, possibilité d'obtenir par cartes imprimées embrochables, chacune des fonctions logiques.
- 8° - Fonctionnement possible dans les locaux non climatisés, supportant une température élevée la journée et parfois très basse la nuit dans des coupoles d'observations par exemple.

- 9° - Possibilités dans certains cas de disposer des sorties d'informations codées ou non pour transmission des résultats à distance.
- 10° - Adaptation d'un dispositif pour l'obtention de la moyenne d'un certain nombre de mesures tout en conservant l'enregistrement des mesures individuelles. Les résultats devront être obtenus d'une manière lisible sans calcul ultérieur ni application de constantes et exprimés en numération décimale et sexagésimale.
- 11° - Possibilité d'enregistrer seulement une série ou plusieurs séries de mesures d'un nombre quelconque de résultats parmi une séquence.
- 12° - Appareils d'un maniement facile, utilisables par du personnel non technicien en électronique et d'une maintenance aisée (par simple remplacement de cartes embrochables). Des circuits de sécurité devront empêcher toutes fausses manoeuvres, même accidentelles en cours de fonctionnement.

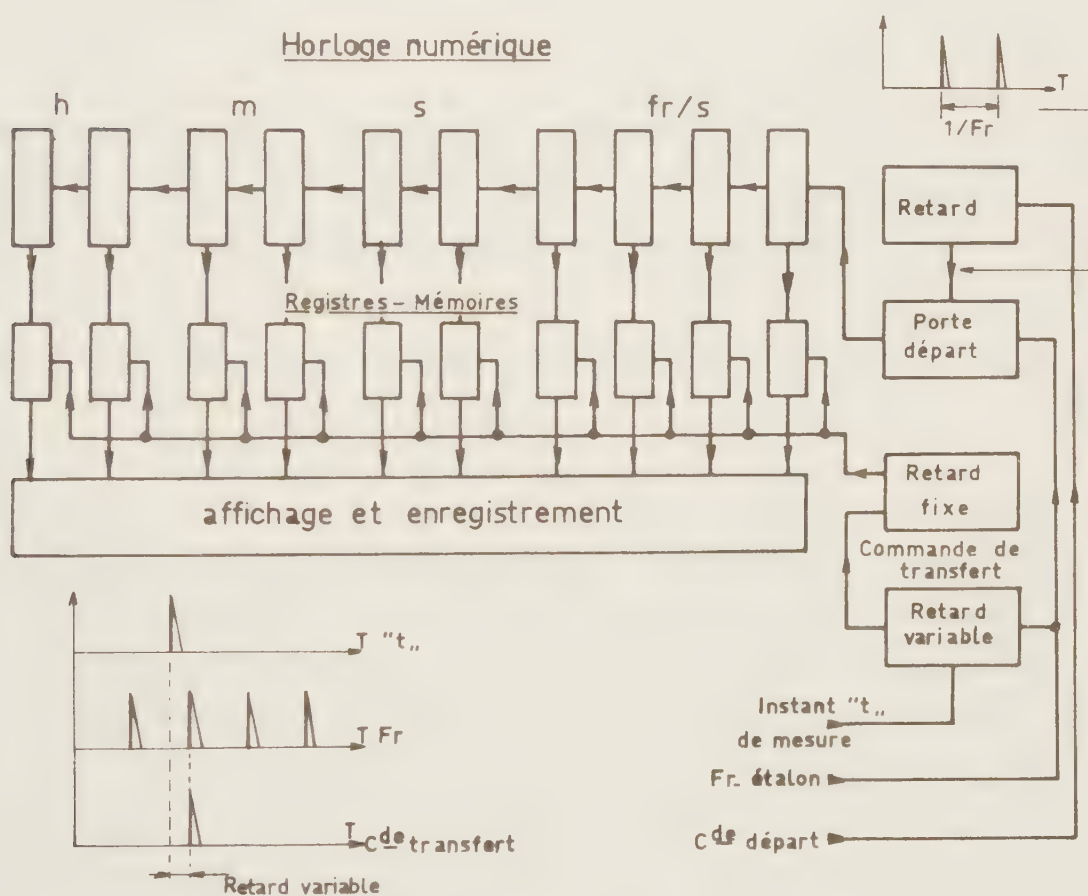
Principales différences entre le chronographe réalisé et les autres appareils :

- a) Les circuits sont entièrement réalisés avec des semi-conducteurs.
- b) L'appareil comporte une horloge électronique numérique visuelle pour le contrôle.
- c) Adaptation aux différents cas d'utilisation par simple changement de circuits embrochables.
- d) Les résultats sont donnés avec une précision de 0,1 ms.
- e) La fonction "*Enregistrement*" est complètement séparée des autres fonctions du chronographe. Divers procédés d'enregistrement sont utilisés.
- f) Le fonctionnement de l'appareil est commandé par un ensemble de circuits logiques assurant une très grande sécurité.
- g) Obtention de la moyenne arithmétique d'un certain nombre de mesures tout en conservant l'enregistrement individuel de chaque mesure.
- h) Le résultat de la moyenne aussi bien que les résultats individuels sont exprimés en heures, minutes, secondes et fractions de seconde, dans les numérations convenables et lisibles immédiatement.

CHAPITRE IV

PRINCIPE GENERAL DU CHRONOMETRE REALISE

Le chronomètre est constitué principalement par une horloge numérique en fonctionnement permanent, alimentée par une fréquence étalon. A l'instant d'une mesure, l'information est extraite de l'horloge sans perturber son fonctionnement et elle est emmagasinée dans une mémoire adjacente en vue de l'affichage et de l'enregistrement.



L'horloge numérique est constituée par un ensemble de cycles de comptage mis en cascade, permettant l'obtention du résultat exprimé en heures, minutes, secondes et dixièmes, centièmes, millièmes et dix-millièmes de seconde.

L'extraction de l'information est faite sous forme codée (binaire - décimal) et en parallèle à l'instant de la mesure. Des décodeurs sont associés à l'affichage et à l'enregistrement pour permettre la transformation des données codées en un résultat lisible immédiatement.

Pour éviter une incertitude qui pourrait se produire lorsque l'instant de mesure coïncide avec le changement d'état de l'un quelconque des cycles de l'horloge, l'extraction de l'information est différée d'une quantité variable au plus égale à une période de la fréquence de référence. L'instant de la mesure est mis en mémoire et l'extraction n'est effectuée que lorsque l'horloge numérique a effectivement changé d'état, c'est-à-dire entre deux impulsions consécutives de la fréquence de référence du comptage. Dans ce cas le résultat des mesures sera toujours donné par excès.

Mais pour éviter dans les résultats une parallaxe entre l'impulsion de référence seconde qui a servi au départ commandé de l'horloge et le résultat de l'extraction de cette même impulsion, le début du comptage de l'horloge numérique est retardé d'une période de la fréquence de comptage.

L'enregistrement des résultats a été effectué, suivant le cas, de deux manières différentes :

1°- Enregistrement du type "série"

Les registres des mémoires de l'horloge numérique sont lus successivement et les informations préalablement décodées sont transférées dans une machine imprimante série. Après positionnement des chiffres dans chacune des colonnes, un ordre d'impression est envoyé. Ce procédé est également utilisé pour la perforation des résultats sur cartes ou sur bandes.

La vitesse d'enregistrement est relativement faible et dépend du nombre de colonnes de chiffres à enregistrer.

2°- Enregistrement du type "parallèle"

Les informations étant présentes à un même instant, à tous les registres de la mémoire, il est donc possible de commander en parallèle une machine imprimante d'un

type convenable et de provoquer simultanément l'affichage du résultat préalablement décodé de l'ensemble des colonnes. L'ordre d'impression suit de très près l'ordre de transfert des informations.

La vitesse d'enregistrement peut être très rapide et elle est indépendante du nombre de colonnes à enregistrer.

DEUXIEME PARTIE

HORLOGE NUMERIQUE : PRINCIPE ET REALISATION

CHAPITRE I

RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ET DE SCHEMAS D'ELEMENTS DE BASE UTILISES

Pour obtenir les caractéristiques souhaitées pour ces chronographes, nous avons utilisé uniquement dans cette étude l'information bivalente, qui ne peut s'exprimer que par deux formes discrètes où l'information multivalente est exclue. La présence de l'une des valeurs entraîne l'absence de l'autre à l'exclusion de la présence des deux valeurs simultanément.

Les fonctions des circuits utilisés ont été obtenues par l'emploi des règles fondamentales de l'algèbre de Boole. Dans cet algèbre logique, les propositions et les opérations logiques sont indiquées par des opérateurs tels que *OU* (union), *ET* (intersection), *NON* (complément). [13], [14].

Les variables indépendantes correspondent aux informations d'entrée *E* et les variables dépendantes aux informations de sortie *S*. Les variables ne peuvent prendre que deux états discrets "0" ou "1", c'est-à-dire qu'une information ne peut être que vraie ou fausse, ce qui se traduit par les formulations de base :

- 1° - Une variable ne peut être égale à "1" et en même temps à "0".
- 2° - Une variable est toujours égale soit à "1", soit à "0".

Dans cette étude, ce type d'information a été réalisé à l'aide de relais, de diodes et de transistors pour les "portes", et de bascules d'Eccles-Jordan [15].

Des circuits à logique négative ayant été utilisés pour les réalisations, nous posons

donc comme hypothèse logique pour les valeurs des informations attribuées aux niveaux de tension binaire :

"0" tension voisine de 0 volt,

"1" tension d'environ -6 volts.

I - Fonctions logiques utilisées.

a) *NON*

$$S = \bar{E}$$

Cette fonction correspond à un montage inverseur :

- contact repos d'un relais,
- amplificateur inverseur à transistors.

Tableau de vérité

E	S
0	1
1	0

b) *ET*

$$S = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3$$

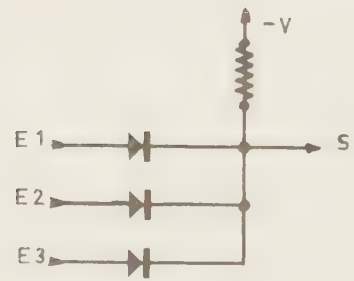
Tableau de vérité

E ₁	E ₂	E ₃	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Montage avec des relais



Porte Et électronique



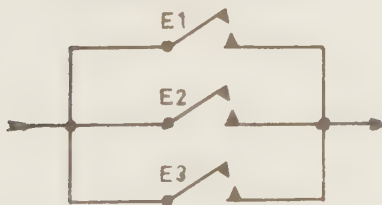
c) OU

$$S = E_1 + E_2 + E_3$$

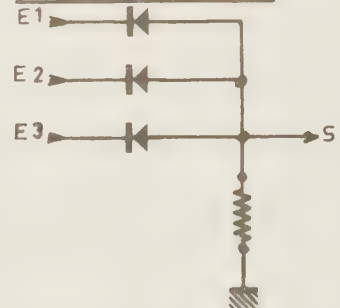
Tableau de vérité

E_1	E_2	E_3	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Montage avec des relais



Porte Ou électronique



II - Fonctions complexes résultant de la combinaison de fonctions purement logiques.

Bascule bistable d'Ecclès-Jordan

1° - Nous avons utilisé la bascule type *JK* (entrée en parallèle) pour le comptage et la division de fréquence, donnant la fonction "OU exclusif".

$$Q_1(t + \tau) = \bar{A}(t) \cdot Q_1(t) + A(t) \cdot \bar{Q}_1(t)$$

La retenue dans le comptage ou le résultat de la division est donné par l'équation logique :

$$r = A \cdot Q$$

Tableau de vérité

A(t)	Q(t)	Q(t+τ)	r
0	0	0	0
0	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	0

2° - La bascule à entrées séparées type *SR* (Set - Reset) a été utilisée pour la fonction mémoire. Elle est conforme aux égalités suivantes :

$$Q = S \quad \text{et} \quad \bar{Q} = R$$

Les conditions de basculement sont :

$$\text{pour } S = 1 \text{ et } Q_1(t) = 0 \longrightarrow Q_1(t + \tau) = 1$$

$$R = 1 \text{ et } Q_1(t) = 1 \longrightarrow Q_1(t + \tau) = 0$$

III - Autres circuits impulsionnels.

a) Univibrateur

Ce type de circuit est caractérisé par 2 états particuliers :

1° - Un état stable de repos.

2° - Un second état stable provisoire provoqué par l'envoi d'une impulsion de commande.

Après un temps variable réglable par une constante de temps, l'univibrateur revient spontanément à son état de repos.

Ce circuit est utilisé pour élargir les impulsions ou pour obtenir un retard à la commande.

b) *Trigger de Schmitt*

C'est un circuit de mise en forme. Il possède 2 états stables. Il bascule brusquement d'un état à l'autre si la tension de commande d'entrée varie, même lentement, entre ses deux seuils de déclenchement.

Ce circuit sert à convertir les tensions sinusoïdales en impulsions et également à remettre en forme les impulsions dont les flancs de montée ont été dégradés.

c) *Amplificateur à transistors*

Les amplificateurs utilisés travaillent uniquement en régime de saturation et de blocage correspondant au fonctionnement en "tout ou rien". Il donne la fonction logique conforme au tableau suivant :

E	S
0	0
1	1

IV - Comptage. 1. 1. 17.

a) *Décades*

Deux types de décades ont été utilisés :

1° - L'un est conforme au code 1 - 2 - 4 - 8 et emploie 4 bascules. C'est une échelle opérant selon le code binaire naturel. L'obtention du comptage à 10 se fait par la suppression des 6 états binaires excédentaires par blocage d'impulsions par portes. L'équivalent décimal des états sautés est : 10, 11, etc... jusqu'à 15, l'état 16 correspondant à 0.

2° - L'autre opère suivant le code binaire-décimal 1 - 2 - 4 - 2. Parmi les diverses combinaisons possibles dans ce code nous avons employé celle correspondant au tableau suivant :

Poids	1	2	4	2
Etat décimal	Bascules			
	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	1	1	1
9	1	1	1	1

Cette décade utilise 4 bascules et les états surabondants sont supprimés par le procédé de rétroaction.

Dans une décade chacun des chiffres ou "*digits*" sera défini par 4 niveaux de tension ou "*bits*" nécessaires à sa composition.

b) Cycles de 6 et de 3

Au début nous avons utilisé différents cycles de pondérations différentes. Mais pour permettre l'emploi d'un décodeur universel sur les différents prototypes, nous avons par la suite employé des cycles conformes au code binaire 1 - 2 - 4 pour le cycle de 6 et 1 - 2 pour le cycle de 3. Ils utilisent 3 ou 2 bascules respectivement et les états surabondants ont été supprimés soit par le système de rétroaction soit par l'emploi de portes, soit par remise à zéro ou bien par la combinaison de ces divers procédés.

V - Mémoire.

Deux catégories de registres-mémoire ont été employées :

1° - Les registres statiques passifs.

L'emmagasinage de l'information est permanente et unique.

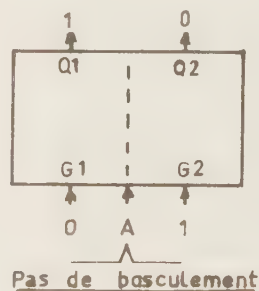
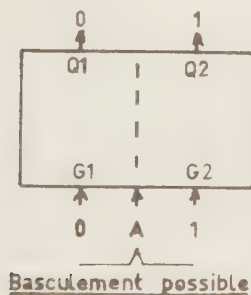
2° - Les registres statiques actifs.

En plus de la fonction mémorisation, ils réalisent la fonction comptage.

Les registres-mémoire utilisés dans cette étude sont des bascules d'Ecclès-Jordan possédant 2 portes à impulsions incorporées, dont les entrées impulsions sont communes (A) et les entrées "conditions" sont disponibles séparément (G_1 et G_2). [18]

Le basculement a lieu lorsque l'on applique une impulsion de commande (transfert ou écriture) en A et que l'entrée condition G_1 et la sortie Q_1 correspondantes au même transistor sont au même potentiel. Il en est de même pour G_2 et Q_2 de l'autre transistor de la bascule.

Dans le cas contraire il n'y a pas de basculement.



L'état des sorties du registre-mémoire après l'opération d'écriture est l'état complémentaire des entrées.

Une mémoire constituée par des registres semblables est donc apte à transférer en parallèle une information (état) entre un groupe de mémoire et un autre (opération logique). Les registres reçoivent les informations exprimées dans un certain code binaire et les restituent dans le même code.

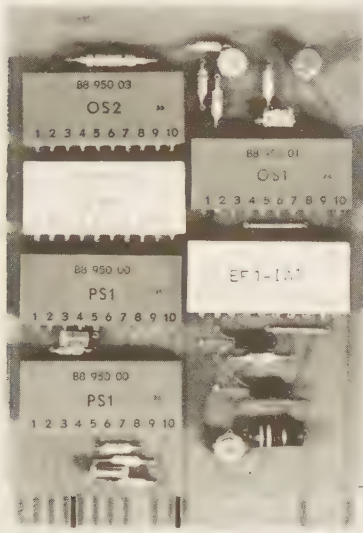
VI - Décodage.

Le décodage des divers cycles de comptage peut se faire par exemple par l'application du diagramme de VENN. Pour différencier 2 ensembles il suffit de rechercher les composants qui n'appartiennent pas à leur intersection. Ensuite l'on simplifie le résultat en ne prenant, pour la représentation d'un chiffre (*digit*) que les composants indispensables. Les matrices de décodage des principaux cycles sont très connues. Cependant nous avons utilisé une matrice hybride permettant aussi bien le décodage du code $1 - 2 - 4 - 8$ que celui du code $1 - 2 - 4 - 2$. En effet, dans ces deux codes seuls les états des chiffres décimaux 8 et 9 sont différents et cette matrice est obtenue très simplement. Les matrices ont été réalisées soit à l'aide de diodes, soit de résistances.

CHAPITRE II

REALISATION

Pour la réalisation des prototypes, nous avons utilisé des circuits logiques *D.T.L.* (logique à transistors et diodes) se présentant sous la forme d'un parallélépipède rectangle ($54,4 \times 24,1 \times 10,7$ mm) à 10 sorties (blocs - circuits Transco) [19]. Chacun de ces blocs contient une ou deux fonctions logiques simples ou complexes, ou bien des circuits impulsionnels annexes. Le montage de ces blocs ainsi que les divers autres composants électroniques ont été réalisés sur plaques isolantes en câblage imprimé. Chacune des plaques est enfichable dans un connecteur et contient l'une des différentes fonctions du chronographe.



Exemples de réalisation

L'adaptation de l'appareil aux différentes applications se fait par simple changement de plaques ou par l'adjonction de nouvelles plaques sur un appareil préalablement câblé de manière convenable.

Toutes les fonctions logiques ont été réalisées à l'aide de circuits électroniques à

l'exception de certaines mises en condition et des circuits de sécurité où il a été utilisé des relais électro-mécaniques, aucune précision n'étant demandée à ces composants.

I - Horloge numérique

L'horloge numérique [20], qui a été construite, a une capacité de 10 "digits" représentant les dizaines d'heures, les heures, les dizaines de minutes, les minutes, les dizaines de secondes, les secondes, ainsi que les dixièmes, les centièmes, les millièmes et les dix-millièmes de seconde. Elle est constituée par un cycle de 3, deux cycles de 6 et sept décades mis en cascade. Dans le premier prototype les décades employées sont du code 1 - 2 - 4 - 2, celles du second sont du code 1 - 2 - 4 - 8. Tous les cycles ont été montés à l'aide de bascules blocs-circuits FF_1 ou FF_3 .

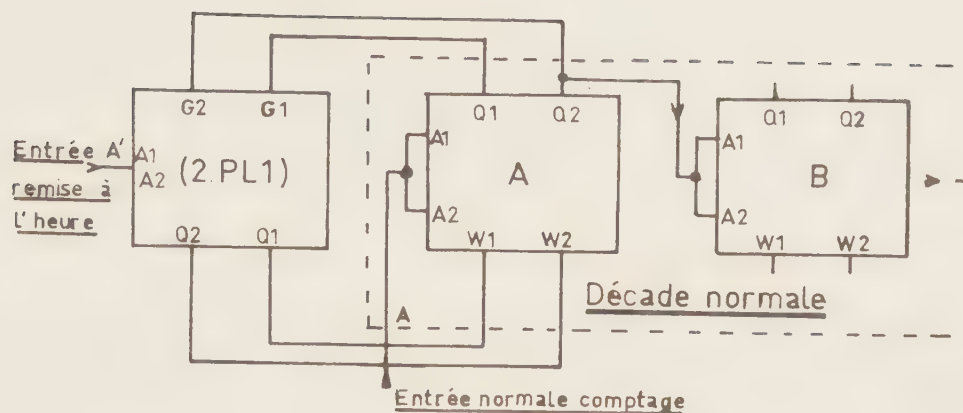
Pour les heures et les dizaines d'heures, nous avons monté deux cycles, de 10 et de 3 respectivement, permettant un comptage normal de 30, mais qui a été limité à 24 pour permettre le passage de l'état 23 h à l'état 00 h. Dans le montage utilisé, l'état 24 h a été décodé à partir des informations équivalentes en binaire. La présence de toutes les informations dans une porte ET permet la commande de circuits remettant instantanément les deux cycles à zéro.

L'horloge numérique doit être alimentée par une fréquence étalon de 10 KHz. Pour permettre l'utilisation éventuelle d'une fréquence de 100 KHz provenant d'une horloge à quartz, il a été prévu un cycle de division par 10 enfichable, remplaçant, si nécessaire, une carte établissant une liaison directe dans le câblage.

II - Remise à l'heure

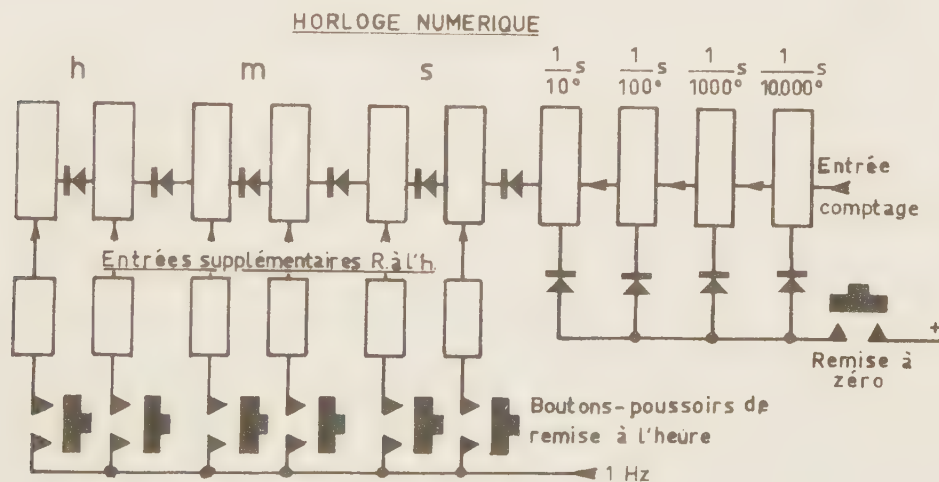
Avant le "départ" de l'horloge, il est indispensable d'effectuer une remise à l'heure. Des boutons poussoirs en regard de chacun des cycles permettent, lorsqu'ils sont pressés de faire compter chacun des cycles à une cadence de 1 Hz. La remise à l'heure ne s'effectue que sur les heures, minutes et secondes.

N'ayant pas réussi à faire fonctionner un montage qui a été publié [20], nous avons adjoint à chacune des premières bascules de chacun des cycles une deuxième entrée alternative indépendante.



Nous avons réalisé ce montage à l'aide d'une double porte à impulsion 2. PL1. L'envoi des impulsions pour la remise à l'heure se fait sur cette dernière entrée, tandis que le comptage des impulsions de l'horloge se fait sur l'entrée normale.

Pour éviter des réactions en arrière dues aux impulsions provenant de l'entrée normale A lorsque l'on commande la bascule par la deuxième entrée A' et qui perturbe parfois l'état de la dernière bascule du cycle précédent, des diodes de blocage ont été intercalées dans la mise en cascade des cycles de comptage.

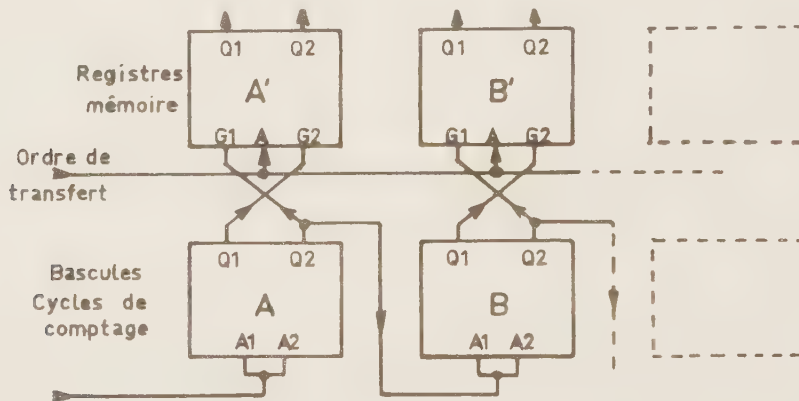


Les "digits" des fractions de seconde ne sont pas remis à l'heure mais à la position zéro. En effet, le départ de l'horloge étant commandé par une impulsion de référence 1 Hz "à l'heure", le départ du comptage doit se faire à une seconde ronde.

III - Mémoire de l'horloge.

Nous avons utilisé comme registre-mémoire des blocs-circuits type FF2 ou FF4 [21].

Les collecteurs des transistors des bascules des cycles de comptage commandent directement les entrées des portes des bascules du registre. Les entrées alternatives de tous les registres sont branchés en parallèle et reçoivent l'ordre commun de transfert. Le câblage des différents blocs-circuits a été réalisé de manière à disposer aux sorties Q_1 et Q_2 des registres les états correspondant aux sorties des bascules.

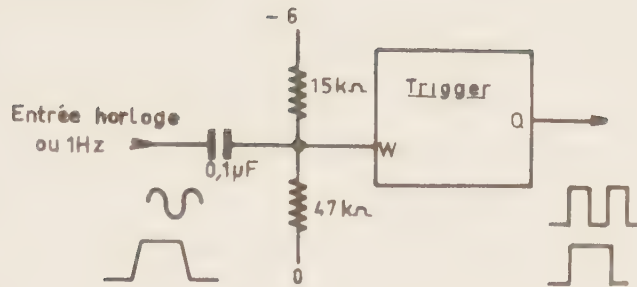


Les informations aux entrées des portes des registres doivent être présentes au moins $8 \mu s$ avant d'effectuer le transfert.

IV - Circuits d'entrée.

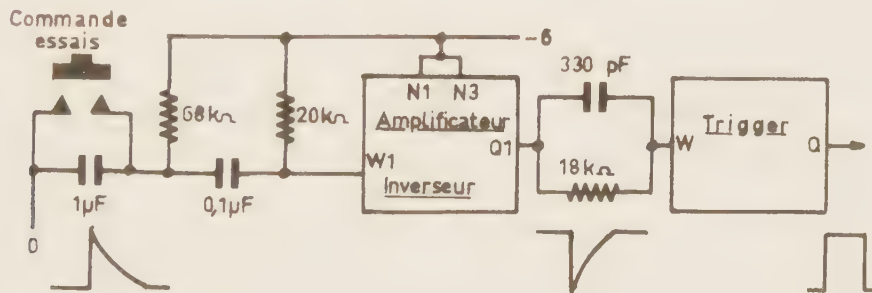
La fréquence sinusoïdale (10 ou 100 KHz) servant à l'alimentation de l'horloge est mise en forme par un trigger de Schmitt PS1.

La tension minimale à l'entrée est de 0,6 V. (Z équivalent $\simeq 5 K\Omega$).

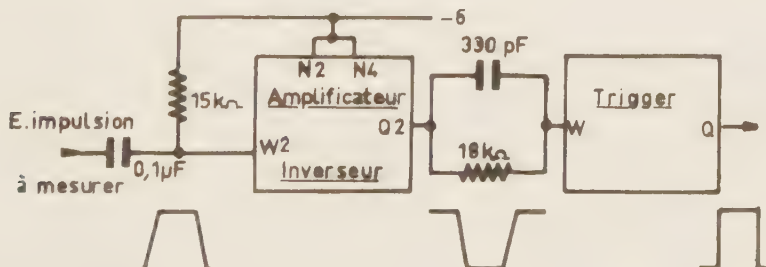


Un circuit identique au précédent est utilisé pour la fréquence 1 Hz de référence (amplitude positive minimale de l'impulsion : $0,8\text{ V}$).

Pour s'assurer du bon fonctionnement de l'affichage et de l'enregistrement, nous avons prévu une commande manuelle d'essai, sur le chronographe. La décharge d'un condensateur provoquée par un bouton-poussoir délivre une impulsion positive qui est amplifiée et inversée dans un bloc $2.IA2$, puis mise en forme par le trigger $PS1$.



Un circuit similaire met en forme l'impulsion à mesurer.



V - Mise en condition de fonctionnement.

La mise en service se fait à l'aide de trois interrupteurs à clefs de sûreté. l'un des interrupteurs "Arrêt-Marche" sert uniquement à la mise sous tension secteur de l'alimentation. Les deux autres commandent respectivement deux relais comportant plusieurs contacts "Travail - Repos" qui, par leurs combinaisons, doivent permettre d'obtenir trois positions de fonctionnement et assurer les sécurités nécessaires. (Pour les deux positions principales, aucune fausse manœuvre ne doit pouvoir avoir lieu).

1ère Position : "Remise à l'heure" (R à l'h) :

La remise à zéro, la remise à l'heure et le départ de l'horloge sont possibles. Dans cette position l'affichage de l'"état" de l'horloge est permanent. Il s'effectue à une cadence de 1 seconde à l'aide de l'impulsion de référence 1 Hz convenablement retardée qui interroge les registres-mémoires.

2ème Position : "Normal - Contrôle" :

Contrôle par impulsion de référence 1 Hz pour s'assurer de la conservation de l'"état" de l'horloge ou par essai manuel.

Dans cette position il n'est pas possible de perturber accidentellement l'"état" de l'horloge.

3ème Position : "Verrouillage" :

Aucune intervention manuelle ne peut être effectuée sur le chronographe. Seule la commande à distance (Mesure des instants t) est possible.

A - Relais

Analyse des diverses fonctions des deux relais.

Relais de verrouillage (V)	{	Position Travail $\bar{V}$ Verrouillage (3ème position)
		Position Repos $\bar{V}$ Non Verrouillage (1ère et 2ème position)

Relais de remise
à l'heure

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Position Travail } \overline{N} R \text{ à l'h (1ère position)} \\ \text{Position Repos } \overline{N} \text{ Normal (2ème position)} \end{array} \right.$

B - Départ (D) de l'horloge numérique.

La présence de la fréquence étalon (F) pour le comptage, à l'entrée de l'horloge est conditionnée par :

a) Verrouillage (V

ou b) Non verrouillage ($\overline{V}$) et non R à l'h ($\overline{N}$).

ou c) Non verrouillage ($\overline{V}$), R à l'h (N) et Départ (D),

qui peut se traduire par la relation :

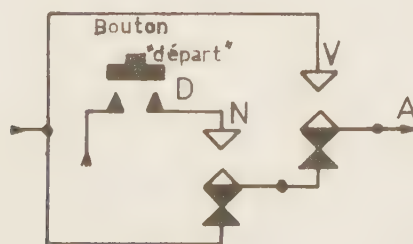
$$T = F \cdot V + F \cdot \overline{V} \cdot \overline{N} + F \cdot \overline{V} \cdot N \cdot D$$

qui peut se mettre sous la forme

$$T = F \cdot (V + \overline{V} \cdot (\overline{N} + N \cdot D)) = F \cdot A$$

En posant :

$$A = V + \overline{V} \cdot (\overline{N} + N \cdot D)$$



Nous désirons également une condition de remise à zéro (R à z = R), c'est-à-dire suppression de la fréquence (F) de comptage se traduisant par ($\overline{T}$) pour non verrouillage ($\overline{V}$) et R à l'h (N). Cette condition sert aussi à la remise à zéro des décades de comptage des fractions de seconde.

$$\bar{T} = F \cdot (\bar{V} \cdot N \cdot R) = F \cdot B$$

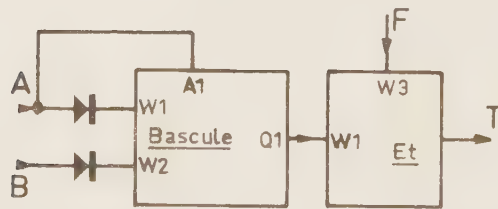
en posant :

$$B = \bar{V} \cdot N \cdot R$$



Nous avons utilisé les informations A et B pour commander une bascule $S-R$ ($FF1$) qui sert à conditionner la porte ET ($2,2N1$) donnant la fonction

$$T = F \cdot A \quad \text{ou} \quad \bar{T} = F \cdot B$$



Une bascule $S-R$ a été employée pour les raisons suivantes :

- La présence de (F) à l'entrée de l'horloge est commandée avec précision par l'impulsion de référence 1 Hz sur l'entrée alternative A_1 de la bascule. Une sécurité est constituée par application d'une tension $+6\text{ V}$ sur l'entrée continue $\bar{W}_1$ après le départ de l'horloge, donc

$$Q_1 = W_1 + A_1 = A$$

- La remise à zéro (suppression de la fréquence F) s'obtient facilement par appli-

cation d'une tension $+6\text{ V}$ à l'entrée W_2

$$\bar{Q}_1 = W_2 = B$$

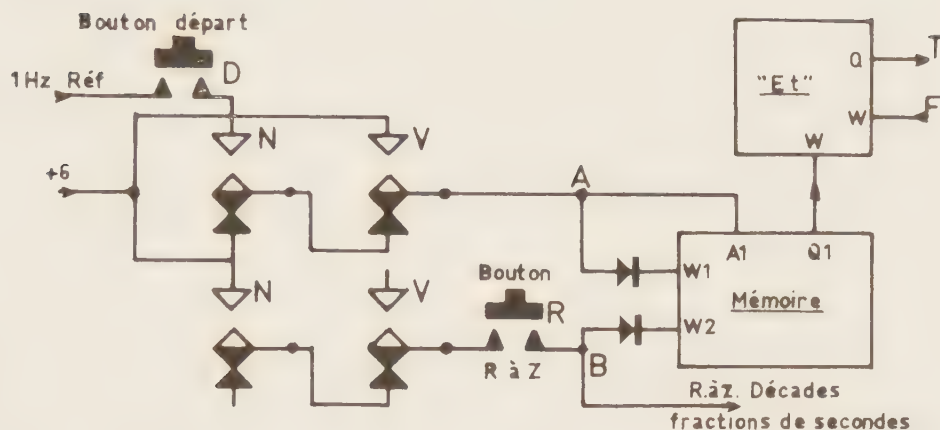


Schéma général

C - Commande de mise en mémoire.

Pour permettre l'opération d'écriture dans les registres et commander l'affichage et éventuellement l'enregistrement des "états" de l'horloge, il est nécessaire de disposer d'un ordre. Celui-ci peut provenir, suivant les cas, de différentes sources de commande en fonction des positions des relais.

1er cas - Commande extérieure du chronographe par impulsions à mesurer (P)

Condition : verrouillage (V) (remise en condition par signal fin de cycle).

2ème cas - Affichage permanent.

Pour effectuer la remise à l'heure de l'horloge, les mémoires doivent être interrogées après chaque changement manuel de l'état des cycles.

Nous avons utilisé l'impulsion 1 Hz de référence retardée (H').

Conditions : non verrouillage ($\bar{V}$) et remise à l'heure (N).

3ème cas - Affichage et enregistrement de contrôle.

a) par fréquence de référence 1 Hz (H)

Conditions : non verrouillage ($\bar{V}$), normal ($\bar{N}$) et contrôle (C).

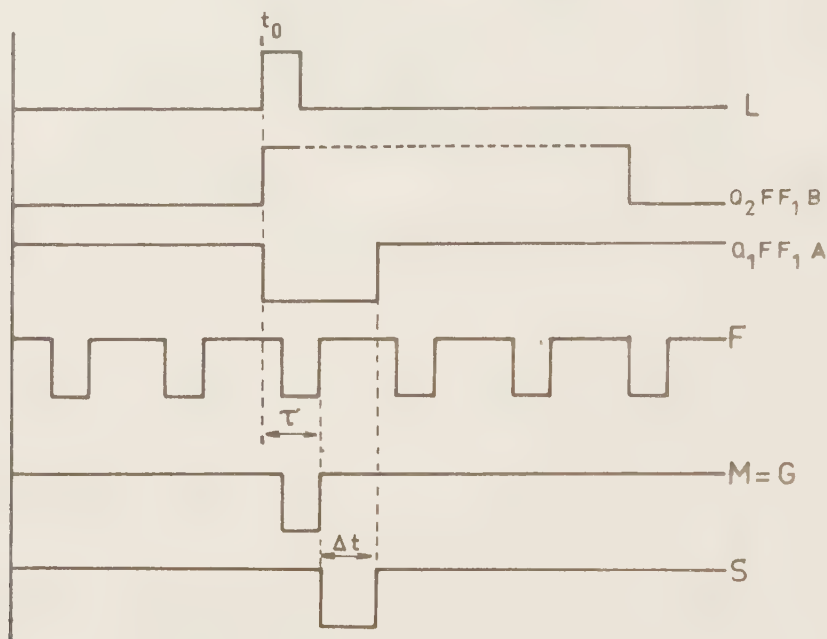
b) par commande manuelle (E) (*Essai*).

Conditions : non verrouillage ($\bar{V}$), normal ($\bar{N}$) et essai ($\bar{C}$).

(remise en condition de a) et b) par signal fin de cycle d'enregistrement).

Nous avons employé deux mémoires (bascules $S-R$) pour la commande : A et B (FF_1).

Soit L l'impulsion à mesurer (instant " t_0 ")



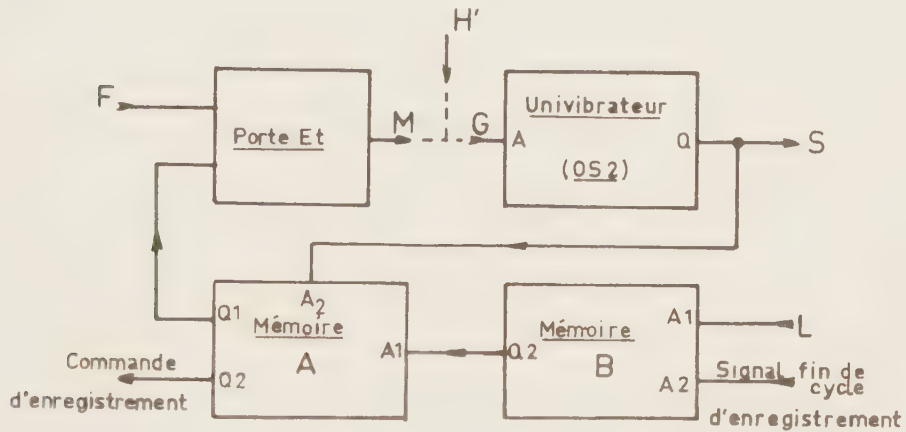
Mémoire A.

Nous avons déjà vu que pour éviter une ambiguïté possible l'instant " t_0 " est mis en mémoire. C'est la première impulsion de la référence F , soit M qui suit immédiatement L , qui servira à la commande d'écriture. Le comptage dans les cycles s'effectuant par un flanc positif d'impulsion, c'est donc le flanc allant de -6 V à 0 V qui sera retardé de Δt . Pour tenir compte du délai nécessaire aux registres ($8\text{ }\mu\text{s}$), du temps de propagation du comptage jusqu'au dernier rang des cycles de l'horloge et d'une marge de sécurité, nous avons pris $\Delta t = 20\text{ }\mu\text{s}$.

Cette mémoire sert également à refermer la porte ET avant l'apparition d'une deuxième impulsion de F suivant t_0 .

Mémoire B.

Cette bascule sert à délimiter un cycle de mesure. En effet, à la fin du cycle, le signal "fin de cycle d'enregistrement" remet la bascule en condition pour recevoir une autre impulsion de mesure.



Montage réalisé

Analyse du fonctionnement :

1er cas et 3ème cas :

$$L(t_0) = Q_2 B(t_0) = A_1 A(t_0) = Q_1 A(t_0)$$

$$M = G = F(t_0 + \tau)$$

$$S = G(t_0 + \tau + \Delta t) = A_2 A = \bar{Q}_1 A(t_0 + \tau + \Delta t)$$

2ème cas :

$$G = H'$$

Nous pouvons écrire

$$\begin{array}{l|l} \text{1er cas} & \begin{array}{l} G = M \cdot V \\ L = P \cdot V \end{array} \end{array}$$

$$\text{d'après } G = H' \cdot \bar{V} \cdot N$$

$$\text{d'après } \begin{cases} G = M \cdot \bar{V} \cdot \bar{N} \\ L = H \cdot C \cdot \bar{V} \cdot \bar{N} + E \cdot \bar{C} \cdot \bar{V} \cdot \bar{N} \end{cases}$$

L'ensemble de ces relations se traduit par :

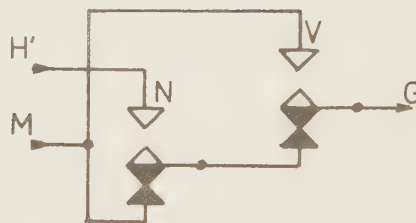
$$G = M \cdot V + M \cdot \bar{V} \cdot \bar{N} + H' \cdot \bar{V} \cdot N$$

$$L = P \cdot V + H \cdot C \cdot \bar{V} \cdot \bar{N} + E \cdot \bar{C} \cdot \bar{V} \cdot \bar{N}$$

Simplifications

$$G = M \cdot V + \bar{V} (M \cdot \bar{N} + H' \cdot N)$$

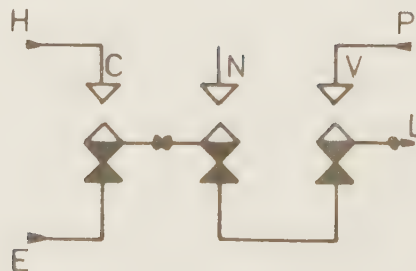
d'où le schéma logique :



De même

$$L = P \cdot V + \bar{V} \cdot \bar{N} (H \cdot C + E \cdot \bar{C})$$

et le schéma logique :

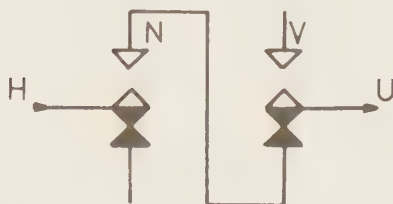


D - Impulsion de référence 1 Hz pour la remise à l'heure.

Elle doit être obtenue pour :

Non verrouillage et remise à l'heure d'où

$$U = H \cdot \bar{V} \cdot N$$



E - La réalisation que nous avons faite de ce type de fonctionnement est donnée par le schéma général.

Pour certaines applications nous avons prévu un autre mode de fonctionnement du chronographe en 3 positions :

1^{ère} position : inchangée.

2^{ème} position : affichage permanent.

L'horloge numérique sert d'horloge visuelle. Aucune perturbation de son état ne peut avoir lieu (verrouillage des fonctions R à z et R à l'h).

3^{ème} position : il est possible d'effectuer des contrôles depuis le chronographe et de commander ce dernier extérieurement par l'instant de mesure.

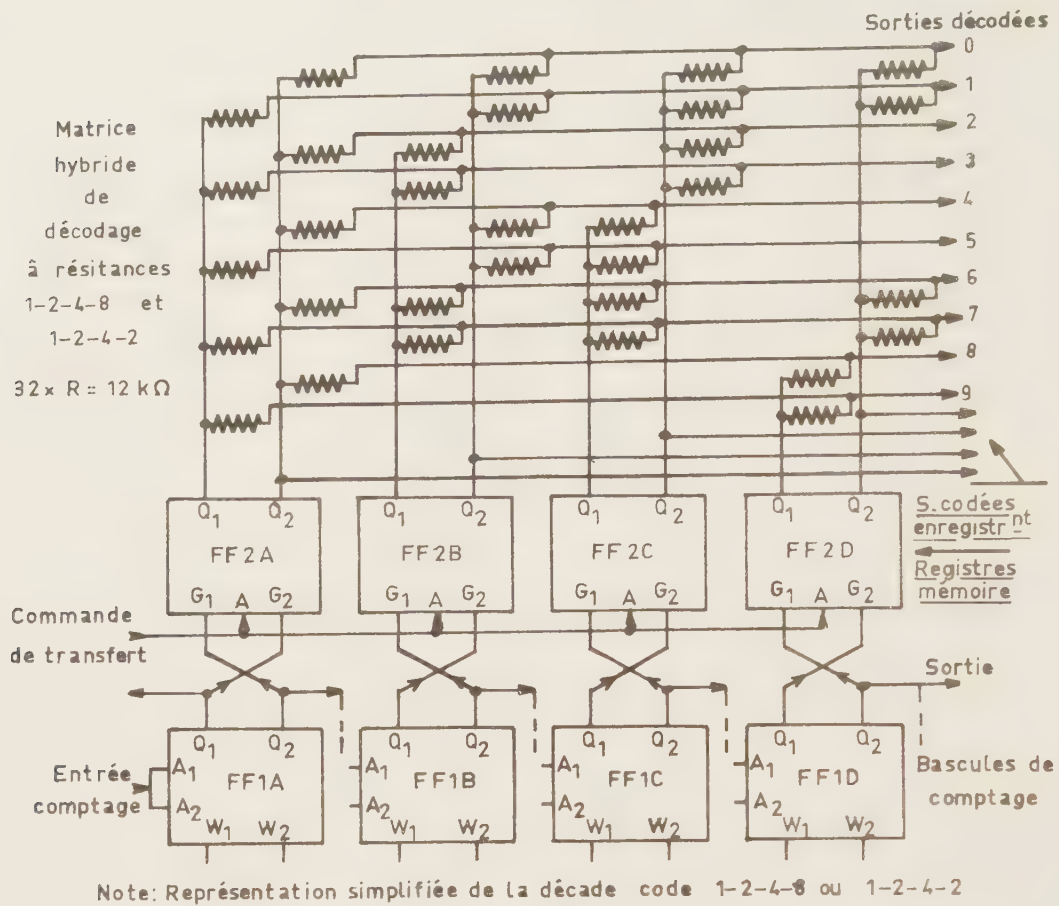
Dans cette position il existe également le verrouillage de l'"état" de l'horloge.

Les équations logiques de ce mode de fonctionnement sont différentes mais conduisent à une réalisation similaire au premier mode de fonctionnement déjà décrit.

F - Décodage.

La figure représente une matrice hybride à résistances associée à l'ensemble bas-

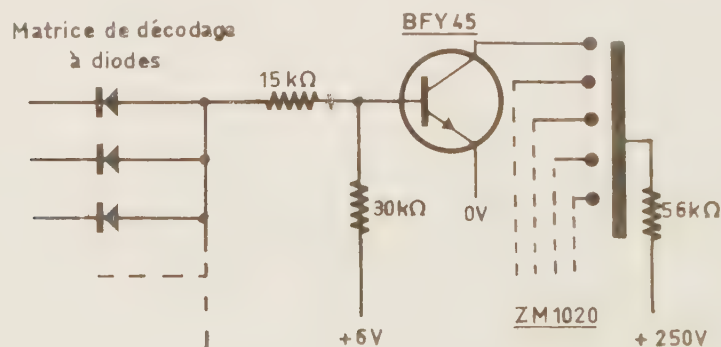
cules et registres d'une décade qui peut être du code 1 - 2 - 4 - 2 ou 1 - 2 - 4 - 8.



G - Affichage.

Pour l'affichage du résultat deux types d'indicateurs lumineux ont été utilisés :

a) Affichage par tubes indicateurs à cathode froide et à remplissage gazeux.



C'est le tube *ZM 1020* qui a été utilisé. Pour en obtenir l'allumage, le transistor correspondant à la cathode du chiffre considéré est saturé (courant collecteur 2 à 3 mA). Les autres transistors correspondant aux autres cathodes sont bloqués. Dans ce montage, nous avons utilisé une matrice hybride à diodes pour obtenir le décodage.

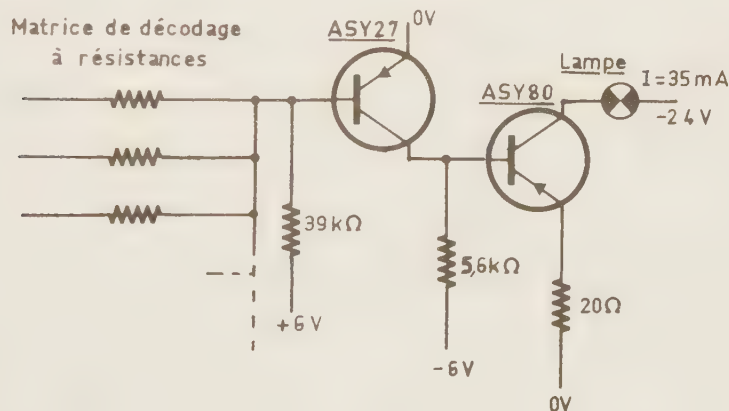
Charge maximale pour les registres-mémoires :

Pour le niveau "0" : Courant inverse dans les diodes pratiquement négligeable.

Pour le niveau "1" : Courant maximum dans le cas le plus défavorable :
 $I = 1 \text{ mA}$.

b) Affichage par indicateur à lampes basse tension.

Pour obtenir l'éclairement d'un chiffre, 2 transistors sont nécessaires pour commander le filament d'une lampe de faible consommation ($I = 35 \text{ mA}$) qui éclaire par la tranche, du plexiglass où se trouve gravé le chiffre (voyants *HARWIN*). C'est une matrice hybride à résistances qui a été employée pour le décodage.





TROISIEME PARTIE

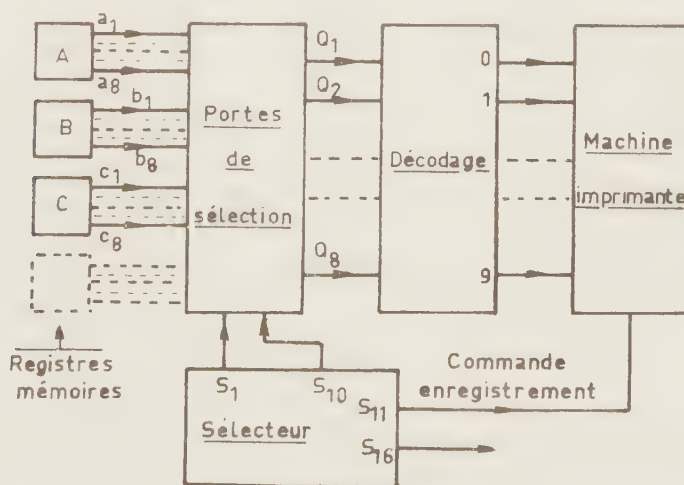
ENREGISTREMENT

CHAPITRE I

ENREGISTREMENT "SERIE"

L'impression du résultat a été effectué sur machine *ADDO-X 41 E*. C'est une machine additionneuse de bureau comportant des électro-aimants de commande de touche, pour applications industrielles. Des machines "série" perforatrices de cartes ou de bandes peuvent être également employées.

Dans le montage réalisé, l'interrogation des mémoires est faite en code binaire et non en code décimal comme il est d'usage de le faire [22].



Soit à enregistrer un nombre de 10 chiffres (*digits*) contenu dans une mémoire comprenant

10 registres $A, B, C, \dots$, chaque chiffre étant défini par 8 niveaux de sortie (*bits*) :

$$\begin{aligned} A &= a_1, a_2, \dots, a_8 \\ B &= b_1, b_2, \dots, b_8 \\ C &= c_1, c_2, \dots, c_8 \\ &\dots \end{aligned}$$

Nous explorons successivement les registres mémoires au moyen d'un sélecteur électronique à 10 positions. A chaque exploration d'un registre, nous obtenons des informations binaires qui, après avoir été décodées, servent à la commande de l'un des 10 électro-aimants d'une colonne de chiffres (0 à 9).

Positions S du sélecteur aux différents instants T d'exploration :

$$\begin{aligned} S_1 &\longrightarrow T_1 \\ S_2 &\longrightarrow T_2 \\ S_3 &\longrightarrow T_3 \\ &\dots \end{aligned}$$

Les sorties $Q_1, Q_2, \dots, Q_8$ des portes de sélection doivent prendre respectivement les niveaux binaires des sorties du premier registre à l'instant T_1 , etc...

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} Q_1 &= S_1 \cdot a_1 + S_2 \cdot b_1 + S_3 \cdot c_1 + \dots \\ Q_2 &= S_1 \cdot a_2 + S_2 \cdot b_2 + S_3 \cdot c_2 + \dots \\ &\dots \\ Q_8 &= S_1 \cdot a_8 + S_2 \cdot b_8 + S_3 \cdot c_8 + \dots \end{aligned} \right.$$

Les sorties de chacune des bascules des registres étant respectivement complémentaires :

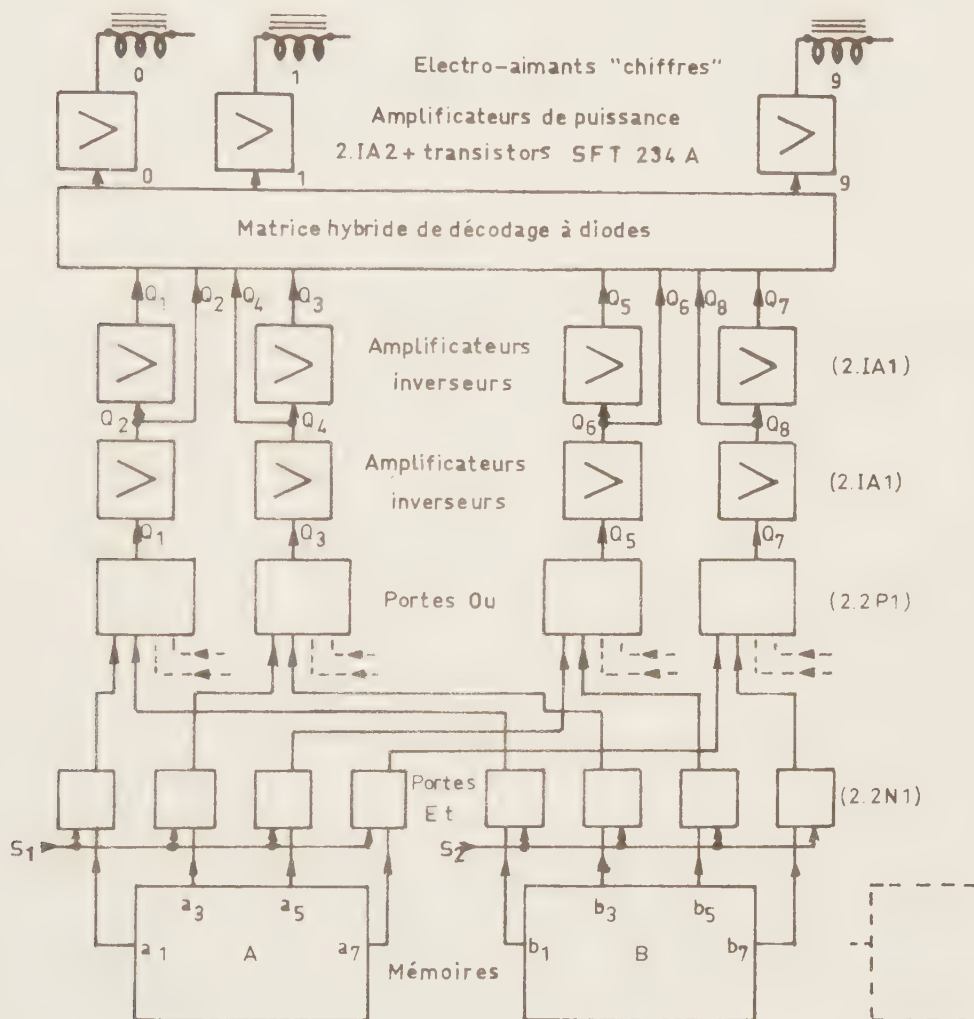
$$a_1 = \bar{a}_2, \quad a_3 = \bar{a}_4, \dots$$

nous obtenons pour les sorties des portes :

$$Q_1 = \bar{Q}_2, \quad Q_3 = \bar{Q}_4, \dots$$

Il est donc possible de réduire le nombre des portes de sélection en ne prenant que 4 "bits" pour chaque registre, les 4 autres "bits" nécessaires étant obtenus par inversion des niveaux.

Les équations (1) ainsi simplifiées ont été traduites par des circuits logiques. C'est une matrice hybride à diodes qui a été utilisée pour le décodage final.



Pour respecter les caractéristiques de la machine, l'impulsion de commande des électro-aimants a une durée de 30 à 40 ms et une temporisation de 40 ms est appliquée entre deux compositions "série" du nombre.

Le sélecteur est un cycle de comptage de 16 dont les positions décimales ont été décodées par des portes *ET* à diodes. Les positions 1 à 10 ($S_1, S_2, \dots S_{10}$) servent à l'exploitation, la position 11 sert à commander l'électro-aimant donnant l'enregistrement du nombre composé. La machine nécessite un temps de repos avant de pouvoir recommencer un nouveau cycle de composition. Nous avons utilisé la position 16 du sélecteur (les positions 12 à 15 ne sont pas utilisées) pour remettre en condition les divers circuits de commande du chronographe en vue d'une nouvelle mesure.

Avec la machine utilisée l'intervalle entre deux mesures successives pour un résultat exprimé par un nombre de 10 chiffres est de :

1,34 s

avec	{	Durée totale de composition par chiffre	85 ms
		Durée de l'opération impression	390 ms
		Temps de repos	100 ms

CHAPITRE II

ENREGISTREMENT "PARALLELE"

L'enregistrement a été fait sur machine imprimante *I. E. R. 203-15* avec décodeur 1 - 2 - 4 - 2. [23]

Cette imprimante est à *entrées parallèles* ; les données binaires constituant un nombre sont appliquées simultanément aux entrées, décodées automatiquement et imprimées sur bande de papier.

I - Description.

L'imprimante possède un commutateur de décodage à 6 pistes qui est solidaire de l'arbre moteur du système d'impression. Lorsqu'une impulsion de commande est envoyée à l'électro-aimant d'embrayage, le commutateur fait un tour. Les 6 pistes sont :

Une piste *j* commune, pour l'alimentation

Une piste *e* de verrouillage ou de réalimentation des électro-aimants de colonnes.

Quatre pistes binaires *a*, *b*, *c*, et *d*.

Au point zéro du cycle d'impression, les électro-aimants sont excités, les armatures sont au collage, les roues à caractères sont en position angulaire de repos.

II - Mise en position des roues à caractères.

Pendant que les informations binaires des mémoires sont maintenues, le commutateur de décodage fournit successivement tous les signaux se trouvant dans le code utilisé. Le choix du moment d'embrayage de chaque roue à caractères est déterminé par identification et conditionne le chiffre qui sera imprimé.

III - Les correspondances entre les 4 digits binaires et les signaux d'exploration sont les suivantes :

Digits binaires

Poids décimal

Signaux d'exploration

Q_2A	1	a
Q_2B	2	b
Q_2C	4	c
Q_2D	2	d

INFORMATIONS DU COMMUTATEUR DE DECODAGE					CODE 1-2-4-2	ETATS BINAIRES D'UNE MEMOIRE			
a	b	c	d	e	Chiffres	Q_2A	Q_2B	Q_2C	Q_2D
1	1	1	1	1	(Repos)				
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
1	0	1	1	0	2	0	1	0	0
0	0	1	1	0	3	1	1	0	0
1	1	0	1	0	4	0	0	1	0
0	1	0	1	0	5	1	0	1	0
1	0	0	1	0	6	0	1	1	0
0	0	0	1	0	7	1	1	1	0
1	0	0	0	0	8	0	1	1	1
0	0	0	0	0	9	1	1	1	1

Nous remarquons que pour chaque ligne de ce tableau l'on a :

$$Q_2A = \bar{a}$$

$$Q_2B = \bar{b}$$

$$Q_2C = \bar{c}$$

$$Q_2D = \bar{d}$$

IV - La coïncidence entre les signaux d'exploitation et les sorties des mémoires détermine le chiffre à imprimer.

Dans le système utilisé c'est la première coïncidence à partir du repos qui fixe le moment où l'on doit couper l'alimentation de l'électro-aimant de la colonne considérée qui provoque l'embrayage.

Appelons H l'état binaire de l'électro-aimant de la colonne considérée, nous voulons obtenir :

$$\begin{array}{ll} H = 0 & \text{pour} \\ \text{(non alimentation)} & \left\{ \begin{array}{l} Q_2 A = \bar{a} \\ Q_2 B = \bar{b} \\ Q_2 C = \bar{c} \\ Q_2 D = \bar{d} \\ e = 0 \end{array} \right. \end{array}$$

que nous pouvons écrire sous la forme :

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_2 A \cdot a = 0 \\ Q_2 B \cdot b = 0 \\ Q_2 C \cdot c = 0 \\ Q_2 D \cdot d = 0 \\ e = 0 \end{array} \right.$$

e est le signal de verrouillage

$$e = 1 \quad \text{au repos}$$

$$e = 0 \quad \text{pendant le cycle de décodage.}$$

Le système d'équation (1) peut encore s'écrire :

$$\begin{array}{ll} H = 0 \text{ ou} \\ \bar{H} = 1 \text{ pour} & \left\{ \begin{array}{l} \overline{Q_2 A \cdot a} = 1 \\ \overline{Q_2 B \cdot b} = 1 \\ \overline{Q_2 C \cdot c} = 1 \\ \overline{Q_2 D \cdot d} = 1 \\ \bar{e} = 1 \end{array} \right. \end{array}$$

que nous pouvons mettre sous la forme :

$$\overline{H} = \overline{Q_2A \cdot a} \cdot \overline{Q_2B \cdot b} \cdot \overline{Q_2C \cdot c} \cdot \overline{Q_2D \cdot d} \cdot \overline{e}$$

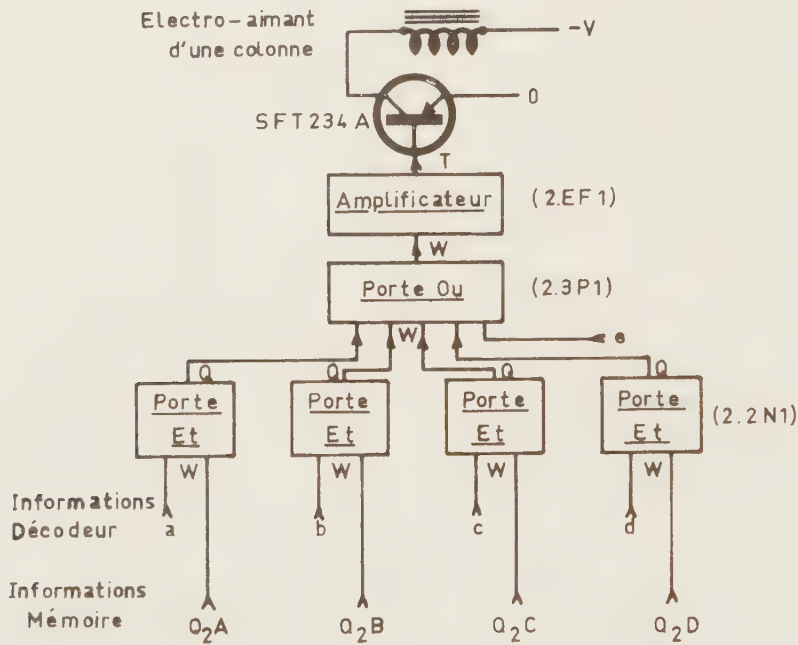
D'après le théorème de MORGAN, nous pouvons écrire :

$$H = (Q_2A \cdot a) + (Q_2B \cdot b) + (Q_2C \cdot c) + (Q_2D \cdot d) + e$$

d'où

$$(11) \quad H = Q_2A \cdot a + Q_2B \cdot b + Q_2C \cdot c + Q_2D \cdot d + e$$

Cette relation a été traduite par un ensemble de circuits logiques.



V - Remarque.

C'est le premier instant de rupture d'alimentation d'un électro-aimant qui fixe le moment d'embrayage de la roue à caractères correspondante et celle-ci reste embrayée même si H repasse à l'état "1" en cours de cycle d'enregistrement.

En effet, une armature relâchée ne revient pas sous la seule attraction de son électro-aimant de commande. Un dispositif mécanique est utilisé pour remettre les armatures au collage

en fin de cycle d'enregistrement. Il ne peut donc se produire aucune ambiguïté dans les divers instants de coïncidence que l'on pourrait rencontrer dans un cycle entier de décodage.

VI - Décodage 1 - 2 - 4 - 8.

Considérons les états binaires d'une décade 1 - 2 - 4 - 8 :

Etat décimal	Q_2A	Q_2B	Q_2C	Q_2D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1

En comparant ces états avec ceux d'une décade 1 - 2 - 4 - 8 on s'aperçoit que seuls les états décimaux 8 et 9 diffèrent.

Pour le chiffre 8 nous avons :

$$\begin{aligned} Q_2A &= 0, & Q_2B &= 0, & Q_2C &= 0, & Q_2D &= 1 \\ a &= 1, & b &= 0, & c &= 0, & d &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{donc} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_2A \cdot a = 0 \\ Q_2B \cdot b = 0 \\ Q_2C \cdot c = 0 \\ Q_2D \cdot d = 0 \end{array} \right.$$

et nous obtenons :

$$H = 0$$

Il en est de même pour le chiffre 9. Nous obtenons donc pour ces 2 chiffres une coïncidence et une machine imprimante avec décodeur $1 - 2 - 4 - 2$ peut décoder des informations au code $1 - 2 - 4 - 8$. Cette particularité n'avait pas été remarquée par le constructeur de la machine. Elle nous a permis le décodage d'horloges numériques comportant des cycles de comptage de codes différents avec la même machine imprimante.

Par contre, une machine équipée d'un décodeur $1 - 2 - 4 - 8$ ne peut décoder une décade de code $1 - 2 - 4 - 2$.

Par exemple, pour le chiffre 8 le décodeur donne :

$$a = 1, b = 1, c = 1, d = 0$$

et nous obtenons :

$$Q_2A . a = 0$$

$$Q_2B . b = 1$$

$$Q_2C . c = 1$$

$$Q_2D . d = 0$$

d'où :

$$H = 1$$

Il n'y a pas de coïncidence pour ce chiffre.

VII - Dans une machine à enregistrement parallèle la vitesse d'impression est indépendante du nombre de colonnes de chiffres. Le type de machine utilisée permet d'obtenir une vitesse d'enregistrement de 5 lignes par seconde. Cette vitesse pourrait être portée à 10 enregistrements par seconde en employant un autre type de machine (I. E. R. 205 - 15).

QUATRIEME PARTIE

CIRCUITS ANNEXES DU CHRONOGRAPHE

I - Avance papier.

Il est nécessaire après une série de mesures, de provoquer à distance l'avance de la bande de papier dans la machine imprimante, de manière à obtenir un espace blanc entre les divers résultats.

a) *Enregistrement série.*

L'envoi d'un ordre d'enregistrement à une machine série provoque l'enregistrement du nombre composé et l'avance du papier d'un interligne. Si cet ordre est envoyé directement sur la machine par une ligne séparée et qu'aucun ordre n'est envoyé sur le chronographe, il ne peut y avoir composition d'un nombre. L'impression ne peut avoir lieu et l'on obtient alors un intervalle blanc sur la bande après la fin du cycle de fonctionnement de la machine.

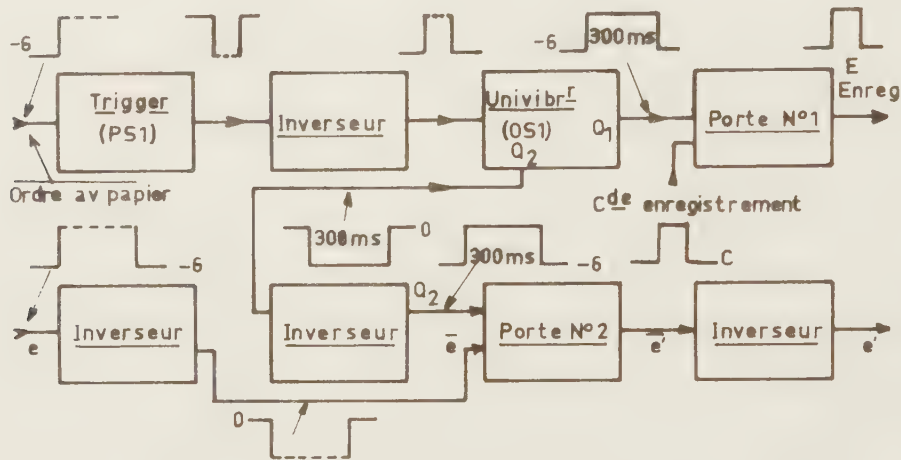
b) *Enregistrement parallèle.*

Un dispositif mécanique permet l'avance manuelle du papier dans la machine *I. E. R.* utilisée, mais pour obtenir la commande de cette avance à distance, il aurait fallu monter un électro-aimant. Pour ne pas faire de modification sur la machine nous avons préféré prendre une solution électronique.

L'envoi d'un ordre d'impression à la machine ne donne pas le résultat attendu comme dans le cas de l'enregistrement série. En effet, les informations sont toujours présentes à l'entrée des circuits d'enregistrement et il y aurait impression du résultat qui se trouverait en mémoire. Si nous examinons l'équation de H déjà écrite, pour ne pas obtenir une coïncidence soit pour $H = 1$ il suffit que $e = 1$ quelles que soient les informations du résultat.

Donc au moment de l'envoi de l'ordre d'impression par une ligne séparée, il faut maintenir obligatoirement par un circuit annexe l'état "1" à une entrée de la porte OU des circuits de coïncidence, pendant tout le cycle d'enregistrement. A la fin de ce cycle, la bande de papier avancera d'un interligne et un espace blanc sera ainsi obtenu.

L'ordre "avance papier", préalablement mis en forme, commande d'une part le cycle d'enregistrement à travers la porte OU n° 1, tandis que l'on maintient à travers la porte OU n° 2 l'état $H = 1$ dans les circuits de coïncidence pendant toute la durée du cycle d'enregistrement de la machine.



L'univibrateur OS1 permet d'obtenir une impulsion de verrouillage de durée convenable (environ 300 ms) qui se substitue à l'information $e = 0$ du décodeur de la machine pendant toute la durée du cycle "avance papier" pour obtenir $e' = 1$.

1°- Equation logique de la porte n° 1.

Nous désirons un enregistrement E pour une commande normale C ou pour la commande avance papier Q_1 (OS1) que nous pouvons écrire en respectant le niveau des informations :

$$\bar{E} = \bar{Q}_1 + \bar{C}$$

En appliquant le théorème de Morgan nous obtenons :

$$\bar{E} = \overline{Q_1 \cdot C}$$

d'où (1)

$$E = Q_1 \cdot C$$

2°- Equation logique de la porte n° 2.

Nous désirons obtenir $e' = 1$ (verrouillage) au repos de la machine imprimante (condition imposée) ou pendant l'avance papier

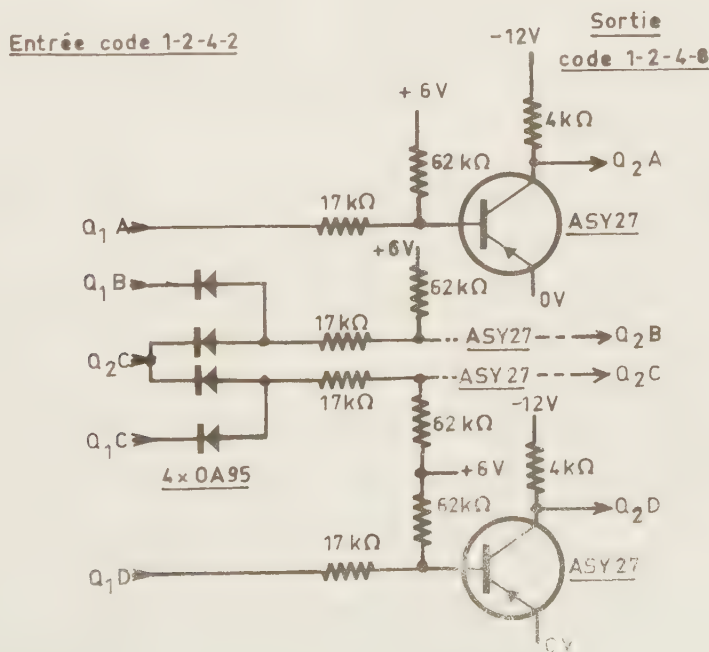
soit
$$e' = Q_2 \cdot e$$

d'où (II)
$$e' = \overline{Q_2} \cdot e$$

Les équations I et II indiquent que nous devons employer des portes ET (blocs-circuits 2.2N1) pour réaliser les circuits devant donner la fonction logique OU désirée.

II - Sorties des informations

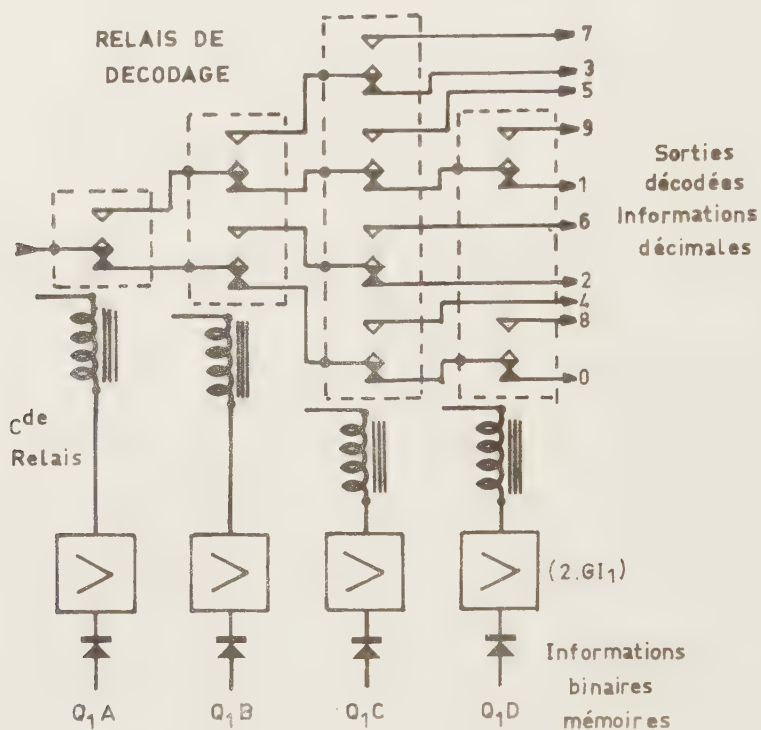
Dans certaines applications, il peut être nécessaire de transporter à distance le résultat pour l'impression et l'affichage. Des plaques en circuit imprimé, embrochables, contenant des étages séparateurs qui relèvent également le niveau de tension, ont été montées sur un chronographe. Les informations binaires données par l'horloge numérique utilisée se trouvaient dans le code 1 - 2 - 4 - 2, il était nécessaire de disposer des mêmes informations dans le code 1 - 2 - 4 - 8. Nous avons donc réalisé des circuits avec transposition de code.



III - Enregistrement sur perforatrice de cartes "série".

La perforatrice IBM 026 "Read-in" "Read-out", nécessite l'entrée des informations du résultat sous forme décimale.

Comme cette machine utilise de très nombreux relais internes pour son fonctionnement, nous avons utilisé également ce matériel pour le décodage des informations.



Dans le cas où cette adaptation est faite sur un chronographe avec enregistrement parallèle, l'exploration série du résultat nécessaire pour le fonctionnement de la perforatrice est obtenue à partir de cette machine en utilisant un programme convenable sur le deuxième tambour.

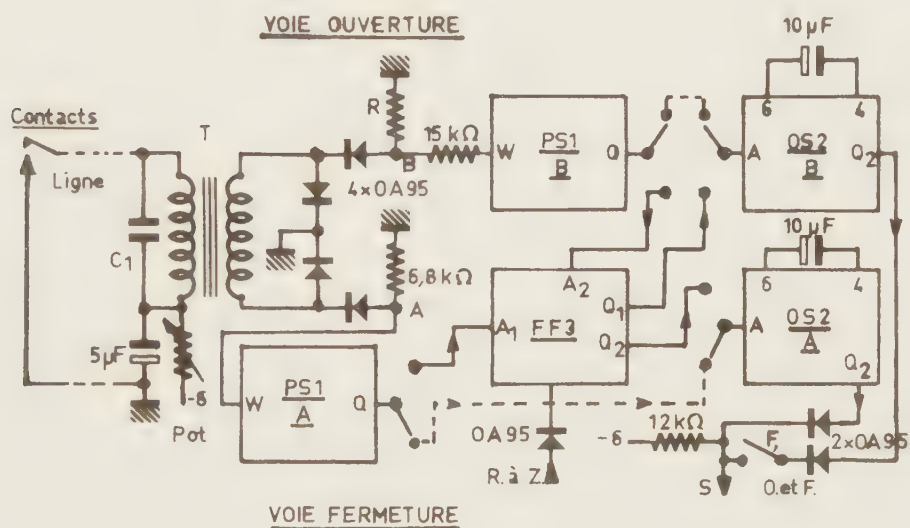
Des montages d'essais ont été réalisés sur plaques embrochables qui peuvent être montées très facilement sur un chronographe.

IV - Commande par contacts mécaniques.

Les instruments astronomiques de passage possèdent des contacts mécaniques qui matérialisent les instant t des mesures. Pour pouvoir commander le chronographe il faut transformer

les fermetures ou les ouvertures des contacts en impulsions électriques. Malheureusement les contacts utilisés ne s'établissent pas parfaitement et la transformation est difficile à réaliser à cause des parasites et des rebondissements. En particulier l'*astrolabe impersonnel Danjon* à l'Observatoire de Paris possédant de très mauvais contacts, les méthodes habituelles de transformation n'ont pas donné satisfaction sauf par l'emploi d'un relais électromécanique intermédiaire.

Pour garantir néanmoins une précision suffisante, nous avons réalisé un montage électronique ayant une bonne protection contre les parasites.

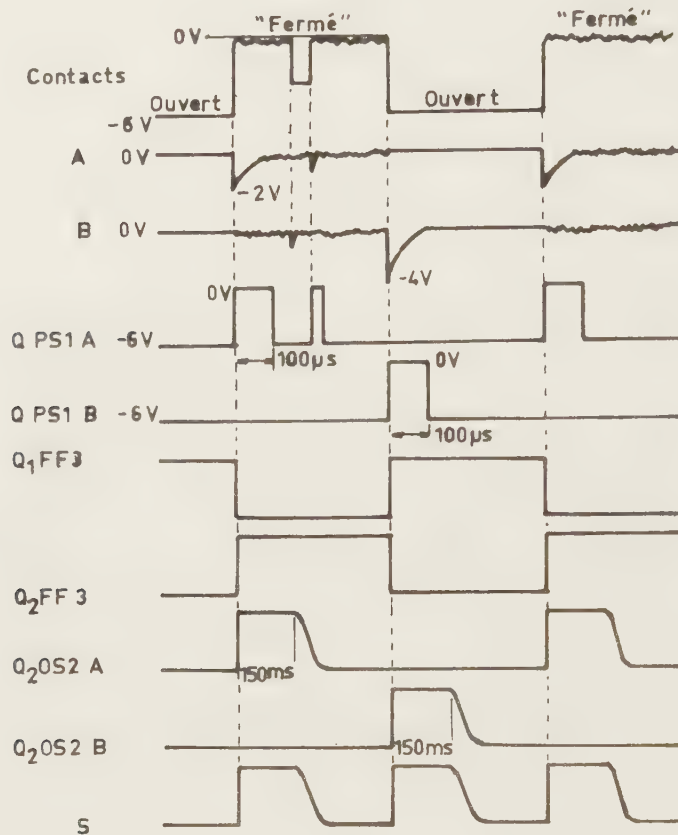


Dans l'*astrolabe*, les divers instants t sont matérialisés par l'ouverture et la fermeture des contacts. L'impulsion de courant délivrée présente de l'"herbe" et il y a également des microruptures durant la période de fermeture.

Les contacts commandent la charge ou la décharge d'un condensateur dans l'inductance du primaire d'un transformateur. Des impulsions dérivées sont recueillies au secondaire, puis triées par des diodes pour l'alimentation des deux voies du montage. L'une des voies correspond à la fermeture du contact, l'autre à l'ouverture.

Les impulsions triées sont mises en forme par "trigger" (PS1) et peuvent alors commander directement des univibrateurs (OS2) délivrant des impulsions de durée 150 ms environ (cons-

tante de temps permettant d'éliminer des séries d'impulsions parasites à l'établissement ou à la rupture). En sortie *S*, une porte *OU* permet d'obtenir les deux séries d'impulsions sur une seule ligne.



Nous avons remarqué que les parasites ont même amplitude que l'impulsion correspondant à la fermeture, et ceci pendant la fermeture de contacts. Par contre, l'impulsion correspondant à l'ouverture des contacts a une amplitude nettement plus grande que le niveau général des parasites.

Pour se garantir le mieux possible contre les parasites, nous avons intercalé dans le montage une bascule *S-R* (*FF₃*) servant de mémoire pour la commande des univibrateurs (*OS₂*). Lors de la première fermeture des contacts, la bascule verrouille la voie fermeture.

Pour un réglage convenable des circuits d'entrée (*C₁*, *Pot.* et *R*) pour un type de contacts donnés, les impulsions dues aux parasites et aux microruptures n'ont pas suffisamment

d'énergie pour provoquer un rebascullement prématuré de la mémoire par la voie ouverture.

Lors de l'ouverture des contacts, la bascule se remet en position d'attente, déverrouillant la voie fermeture pour permettre la réception de l'impulsion correspondante suivante.

Lorsque les contacts sont ouverts, il ne peut y avoir aucun parasite, la ligne électrique de commande étant d'autre part blindée.

CINQUIEME PARTIE

PERFORMANCE DU CHRONOGRAPHE DONNANT LE RESULTAT POUR CHAQUE MESURE

Les essais ont été effectués sur deux appareils qui ont été construits l'un avec enregistrement "*parallèle*", l'autre avec enregistrement "*série*". Ils ont été poursuivis sans interruption et sans défaillance pendant plusieurs centaines d'heures.

I - Nous avons pu vérifier la fiabilité des circuits logiques utilisés, aucun réglage n'ayant été nécessaire sur les deux appareils construits malgré une fourchette assez large des caractéristiques des composants électroniques employés.

II - Pour la vérification de la précision du résultat, nous avons utilisé une impulsion 1 Hz déphasable produite à partir de la même fréquence d'alimentation du chronographe. L'écart de phase de cette impulsion par rapport à celle de référence qui a servi au départ de l'horloge numérique a été mesuré à l'aide d'un compteur électronique. La valeur de l'écart de phase lue sur ce compteur doit être la même que celle des fractions de seconde du chronographe à une précision de $\pm 0,1\text{ ms}$. Nous avons effectivement obtenu ces résultats au cours des essais.

La vérification du maintien de l'état de l'horloge numérique au cours du temps a été réalisée en laissant en marche permanente cette horloge et en enregistrant périodiquement une impulsion de mesure dont l'état est connu.

III - A l'aide d'un générateur de très basse fréquence délivrant des impulsions, le chronographe a été testé pour la vitesse d'enregistrement.

Dans le cas de l'enregistrement du type parallèle, nous avons pu obtenir jusqu'à 6 enregistrements par seconde.

Pour le cas de l'enregistrement "*série*", nous avons vérifié que nous n'étions pas à la

limite minimum du temps de composition, en modifiant la cadence et la forme des impulsions commandant le sélecteur. Nous avons pu obtenir encore un fonctionnement satisfaisant pour un temps de composition de 1,1 s pour 10 chiffres.

IV - Les différents circuits électroniques ont été testés en température dans la gamme $0^{\circ} C + 55^{\circ} C$. Aux températures limites, les essais ont été effectués pendant au moins une semaine sur les circuits en fonctionnement continu. Aucune anomalie n'a été constatée dans le fonctionnement de l'appareil.

V - La fréquence limite maximum de comptage des blocs-circuits utilisés est de 100 KHz.

Nous avons vérifié cette caractéristique qui s'est avérée exacte. Une marge de sécurité est prise dans le chronographe réalisé, la fréquence maximum utilisée étant de 10 KHz seulement.

SIXIEME PARTIE

PROCEDE POUR DETERMINER AUTOMATIQUEMENT LA MOYENNE D'UNE SERIE DE MESURES

CHAPITRE I

PRINCIPE

L'adaptation sur un chronographe d'un dispositif pour l'obtention de la moyenne arithmétique d'un certain nombre n de mesures représentant l'état de l'horloge aux différents instants t exprimés en numération décimale et sexagésimale, a été obtenue par l'utilisation d'une solution originale.

Le résultat de chacune des mesures individuelles étant subdivisé en 3 parties :

p représentant les heures (cycle de 24), les minutes et les secondes exprimées en numération sexagésimale,

q représentant les fractions de secondes (numération décimale),

et Δp les intervalles de temps séparant les instants successifs t_i , de l'instant initial t_1 , exprimés en secondes entières et en numération décimale,

nous obtenons :

$$t_1 = P_1 + q_1$$

$$t_2 = P_1 + \Delta_1 p + q_2$$

$$\dots \dots \dots$$

$$t_n = P_1 + \Delta(n-1)p + q_n$$

$$\Sigma t = nP_1 + \Delta_1 p + \dots + \Delta(n-1)p + q_1 + q_2 \dots + q_n$$

d'où la moyenne :

$$\bar{t} = p_1 + \frac{\Delta_1 p}{n} + \dots + \frac{\Delta(n-1)p}{n} + \frac{q_1}{n} + \frac{q_2}{n} + \dots + \frac{q_n}{n}$$

Nous voyons d'après cette formule que la moyenne est égale à la somme de :

- 1°- la partie entière " p_1 ", qui s'exprime en heures, minutes et secondes dans la numération sexagésimale,
- 2°- le quotient par n de la somme des intervalles " Δp " qui s'exprime en secondes entières dans la numération décimale,
- 3°- la moyenne des parties fractionnaires " q " qui s'exprime dans la numération décimale.

Nous remarquons que les opérations de division par n ne s'appliquent uniquement qu'aux deuxième et troisième groupes d'éléments de la formule, c'est-à-dire sur des nombres exprimés en numération décimale, à l'exclusion du premier élément qui est exprimé en numération sexagésimale et à base 24 pour les heures.

CHAPITRE II

APPLICATION ET FONCTIONNEMENT

I - Application.

L'horloge numérique d'un chronographe est supposée être séparée en deux parties P et Q comprenant :

(P) les cycles de comptage des heures, minutes et secondes (numération à base 24 et sexagésimale), et

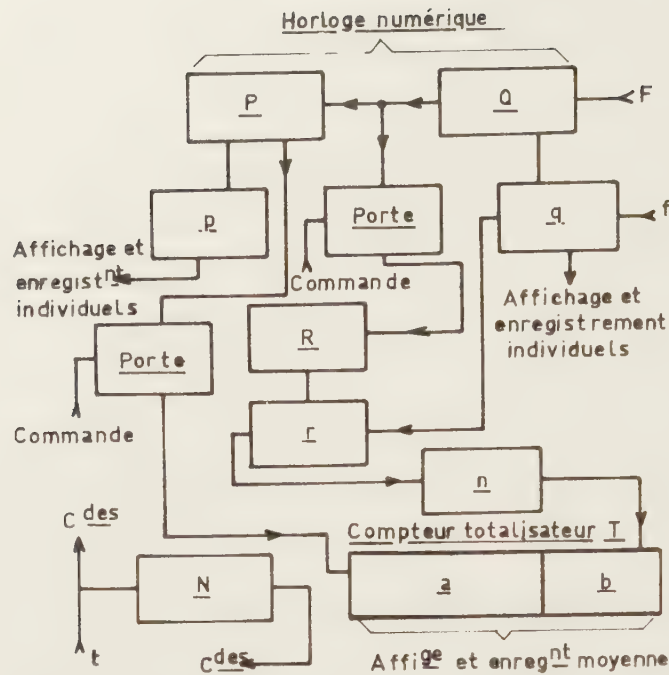
(Q) les décades des fractions de seconde (numération décimale).

Soit (p) et (q) les mémoires correspondantes.

A cette horloge est adjoint un compteur (R) commandé par une porte ET permettant le comptage des secondes en numération décimale. La capacité de (R) doit toujours être au moins égale à l'intervalle de temps exprimé en secondes entières entre le premier instant t_1 , et le dernier t_n , de la série de mesure. Soit (r) la mémoire correspondante à ce compteur.

Les mémoires (p), (q) et (r) sont des mémoires statiques actives; c'est-à-dire qu'elles peuvent être transformées sur ordre en cycles de comptage et permettre le transfert "série" des informations qu'elles contiennent. Une unité de transport d'information est utilisée pour effectuer le transfert [24].

Le facteur de division (n) est réalisé au moyen d'un ensemble de cycles de comptage de capacité (n) réalisant l'opération division des informations transférées. Au début de chaque série de mesures les cycles doivent préalablement être à zéro, c'est-à-dire ne pas comporter de "reste".



En outre, un compteur-totalisateur (T) est nécessaire pour l'obtention de la moyenne des mesures. Il comprend 2 parties : (a) et (b).

La partie (a) est composée de mémoires statiques actives transformables en cycles de comptage en numération sexagésimale pour les minutes et les secondes et en numération à base 24 pour les heures.

La partie (b) est seulement un compteur constitué par un ensemble de décades de comptage pour les fractions de seconde.

Dans cette application, il est nécessaire de connaître le nombre d'instants à mesurer et un compteur auxiliaire (N) en assure le comptage. L'on doit avoir $N = n$.

II - Fonctionnement

a) A l'instant t_1 , les états des compteurs (P_1) et (Q_1) sont transférés en parallèle dans les mémoires correspondantes, soit (p_1) et (q_1). L'état (P_1) est également transféré dans la partie (a) du compteur-totalisateur (T) qui se trouve en position mémoire.

A ce même instant la porte ET est mise en condition pour permettre le comptage des secondes entières par le compteur (R) préalablement mis à zéro.

b) Entre l'instant t_1 et t_2 les opérations suivantes s'effectuent :

1°- Affichage et enregistrement des états (p_1) et (q_1) donnant le premier résultat partiel.

2°- Mise en position compteur de la partie (a) du totalisateur (T), (cycles de comptage en numération sexagésimale et à base 24) et maintien de cette position jusqu'à l'obtention de la moyenne.

Dans cette position les deux parties de (T) fonctionnent en cycle de comptage et constituent une horloge-numérique auxiliaire.

3°- Transformation provisoire des mémoires (q) et (r) en cycle de comptage et mise en cascade pour effectuer le transfert série des informations. Après division par (n) , le quotient obtenu est transféré dans le totalisateur (T). (Le reste éventuel est conservé dans le cycle diviseur). Il s'agit uniquement ici de l'information $\frac{q_1}{n}$, (r) étant égal à zéro, il n'y a pas d'intervalle Δp .

4°- Comptage du premier instant t_1 dans le compteur (N).

c) A l'instant (t_2) , un nouveau cycle d'opérations s'effectue et nous obtenons :

1°- les états individuels (p_2) et (q_2) ,

2°- les informations $\frac{p_1}{n} + \frac{q_1}{n}$

°- le comptage du second instant (t_2) .

d) Des instants (t_2) à (t_n) , il y a répétition de tout le cycle d'opérations.

e) Après l'instant (t_n) , le compteur (N) délivre un ordre de commande d'enregistrement de l'"état" du compteur auxiliaire (T). Cet état représente la moyenne $(\bar{t})$ de (n) mesures.

f) Après l'enregistrement de la moyenne, tous les organes de l'appareil se remettent "en condition" et un nouveau cycle de mesures peut être entrepris.

CHAPITRE III

REALISATION D'UNE VARIANTE DU PROCEDE

I - Un chronographe étant nécessaire pour être associé à l'*astrolabe impersonnel* DANJON [25], nous avons été amené à faire une réalisation d'un appareil qui devait fonctionner avec les caractéristiques suivantes :

- a) Nombre total d'instants de mesure dans une série = 24.
- b) Obtention du résultat des mesures individuelles à partir de la 2^{ème} jusqu'à la 22^{ème} de la série.
- c) Obtention de la moyenne des 20 mesures individuelles centrées sur la série de 24 mesures.
- d) Intervalle minimum entre 2 mesures = 450 ms.
- e) Temps maximum écoulé entre la première et la dernière mesures = 3 minutes.
- f) Précision de l'enregistrement des résultats individuels = 1 ms.
- g) Précision de l'enregistrement du résultat de la moyenne = 0,1 ms.
- h) Temps total du cycle d'enregistrement de la machine imprimante utilisée (I.E.R. 203-15) = 160 à 200 ms.

Nous voyons que le temps utile pour effectuer les opérations "moyenne" entre deux instants de mesure est égal à la différence entre d) et h), soit : 250 ms maximum.

La condition e) nous donne comme capacité du compteur $R = 200$ et la condition f) nous donne comme capacité de $(Q) = 1\ 000$. La mise en cascade des mémoires correspondantes pour le transfert série des informations donne une capacité totale de 2.10^5 .

Pour effectuer le transfert de cette capacité pendant le temps utile restant il faudrait utiliser une fréquence supérieure à 800 KHz.

Or l'horloge numérique du chronographe utilisé pour cette adaptation était constituée principalement par des blocs-circuits logiques *Série 1* [19], qui ont une fréquence limite maximum d'utilisation de 100 KHz . De plus nous désirions utiliser un type similaire de composants pour obtenir l'adaptation.

Nous avons donc été amené dans ce cas particulier d'adaptation à utiliser une variante du procédé décrit.

11 - Au lieu d'effectuer le transfert série de la capacité totale de (q) et (r) mis en cascade, nous avons décomposé l'opération en 2 parties à l'aide d'un sélecteur électronique (cycle de 3) commandé par le signal fin de cycle d'enregistrement de chaque mesure individuelle.

Nous transférons donc successivement l'état de (r) puis l'état de (q) . L'état de (r) est transféré à l'aide de la fréquence F_1 soit 200 impulsions à la fréquence 2 KHz ; durée du transfert : 100 ms . L'état de (q) est ensuite transféré avec F_2 soit 1 000 impulsions à la fréquence de 10 KHz ; durée du transfert : 100 ms .

L'emploi des deux circuits de transfert nous a obligés à utiliser deux circuits diviseurs. Ayant simplifié par 10 leur coefficient de 20 nous avons utilisé une seule bascule FF_3 (cycle de 2) par circuit diviseur.

Pour tenir compte de cette simplification nous avons décalé d'un rang les entrées dans les cycles de comptage :

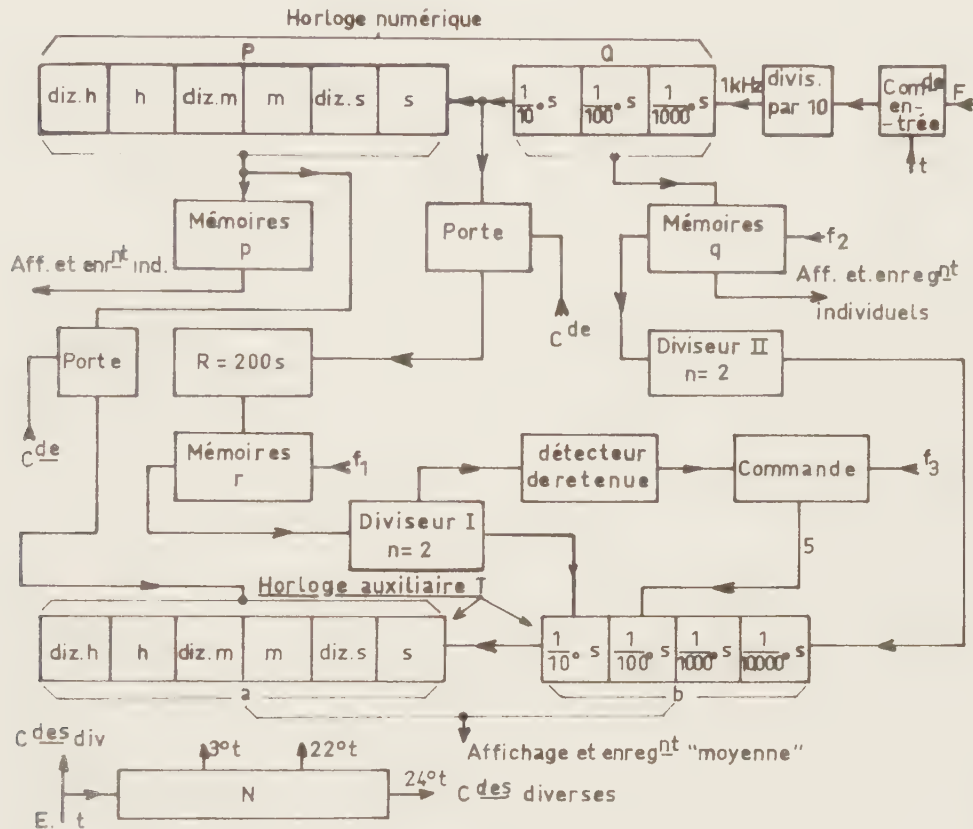
- Entrée dans les rangs des $1/10\text{ s}$ pour les secondes,
- Entrée dans les rangs des $1/10.000\text{ s}$ pour les millisecondes. (La condition g) est ainsi réalisée très simplement).

Néanmoins l'emploi d'un second étage de division intermédiaire nous a obligé à tenir compte de la retenue éventuelle dans cet étage en fin de cycle complet de l'opération "moyenne". En effet, si dans la bascule (cycle de 2) il y a une retenue, il manque $0,05\text{ s}$ au résultat de la moyenne.

En conséquence, à la fin de la série de mesures et avant l'impression du résultat de la

moyenne, un circuit testeur (porte *ET*) commande éventuellement l'addition de $0,05$ s au résultat. Cette addition est obtenue par l'envoi de 5 impulsions d'une fréquence de 10 KHz (F_3) à l'entrée des décades du rang des $1/100$ s.

Après cette dernière opération l'horloge numérique auxiliaire (*T*) donne le résultat exact de la moyenne qui est enregistré.



Le compteur auxiliaire (*N*) a une capacité de 2^5 . Par décodage nous avons obtenu les informations décimales 3 et 22 pour remplir les conditions a), b) et c). L'information décimale 24 a également été décodée. Elle sert à la remise à zéro du compteur (*N*) après le comptage de la 24^{ème} mesure (cycle normal de comptage du compteur 32). Cette dernière information remet également "en condition" les autres circuits pour permettre une nouvelle série d'opérations.

III- Remarque.

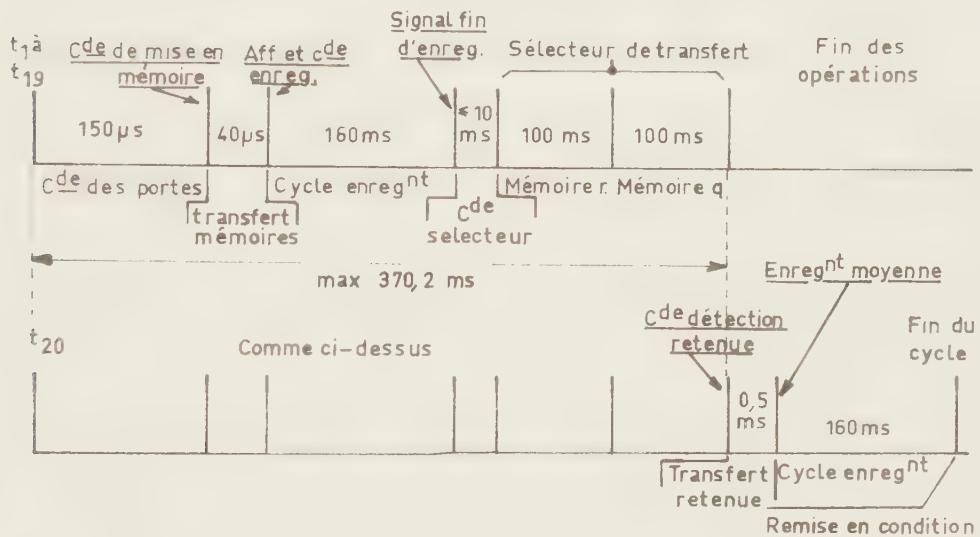
Une modification dans le décodage des informations du compteur (*N*) permet l'adaptation

de ce chronographe à un autre type d'instruments astronomiques ne donnant que 20 contacts de mesure par série. Nous avons donc décodé également les informations décimales 1 et 20. Par simple choix de ces informations le chronographe est utilisable avec deux types d'instruments.

CHAPITRE IV

RESULTATS OBTENUS

Nous avons relevé le diagramme de fonctionnement correspondant aux opérations effectuées aux instants de mesure t_1 à t_{19} ainsi qu'à t_{20} .



La mise en mémoire est commandée au niveau du circuit d'entrée de la fréquence étalon 10 KHz et la précision de la commande est supérieure à 100 μ s. L'ensemble des circuits de commande comprend de nombreuses mises en forme, portes et bascules montées en cascade et nous avons trouvé un retard total de 150 μ s. En tenant compte du retard de 40 μ s qui a été adopté pour la commande de transfert des informations, nous avons relevé un retard global maximum de 190 μ s dans la commande d'extraction des valeurs des mesures individuelles.

Les caractéristiques obtenues pour l'ensemble du diagramme de fonctionnement sont satisfaisantes.

La vérification principale pour l'adaptation qui a été faite sur un chronographe a porté principalement sur l'exactitude du résultat de la moyenne des mesures. Nous avons

utilisé des impulsions 1 Hz d'états connus pour la commande d'enregistrement et pour chaque série de mesure nous avons vérifié indépendamment les résultats enregistrés.

La précision qui a été trouvée dans l'enregistrement des mesures individuelles est supérieure à 1 ms et l'enregistrement du résultat de la moyenne s'effectue au *dix-millième* de seconde.

Un test d'auto-contrôle existe dans le chronographe. Il consiste à enregistrer l'impulsion 1 Hz de référence ayant servi au départ de l'horloge numérique. Chacun des enregistrements individuels est un nombre rond de secondes (les fractions de seconde étant égales à zéro). Par simple lecture de la bande d'enregistrement, il est très facile de vérifier l'exactitude de la moyenne pour les heures, minutes et secondes. La moyenne correspondant à 19 intervalles de 1 seconde donne pour les fractions de seconde $0,5\text{ s}$.

Ce test est fondamental. Il permet la vérification de l'ensemble des circuits. Les divers essais de contrôle ont été répétés plusieurs centaines de fois dans toutes les conditions possibles de fonctionnement de l'appareil. Aucune défaillance n'a pu être relevée.



Chronographe avec enregistrement type série.
(Prototype)



Chronographe avec enregistrement type parallèle.
(Version industrielle)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - F. BOQUET. Les observations méridiennes. Tome I, page 114. Encyclopédie scientifique.
- [2] - P. PARCELIER. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 5, 1951, page 135.
- [3] - P. BACCHUS. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 5, 1951, page 139.
- [4] - L. GENOUX. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 7, 1953, page 270.
- [5] - Dr Jv. d. HEIDE. Actes du Vème Congrès International de Chronométrie, Paris, Octobre 1954.
- [6] - J. VERBAANDERT. - idem -
- [7] - G. PRIM. - idem -
- [8] - J. VERBAANDERT. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 10, 1956, page 189.
- [9] - Chronométrage olympique. Information Oméga, Juillet 1952.
- [10] - G. MASSON. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 4, 1950, page 275.
- [11] - G. MASSON. Annales Françaises de Chronométrie, 2ème série, tome 9, 1955, page 249.
- [12] - J.P. BLASER et C. WYSER. Chronographe totalisateur.
Actes du VIème Congrès International de Chronométrie. Munich
1959, et Publications de l'Observatoire de Neuchâtel (Suisse).
N° 4, Août 1959.
- [13] - F. GILLOT. Algèbre et Logique. Blanchard. Paris 1962.
- [14] - R. HIGONNET et R. GREA. Etude logique des circuits électriques et des systèmes binaires.
Berger-Levrault. Paris 1955.
- [15] - J.P. OEMICHEN. Emploi rationnel des transistors. Editions Radio. Paris 1963.
- [16] - R. BUCHALTER. Décades de comptage à blocs-circuits. Rapport du laboratoire d'Applications
n° CO 22. COPRIM - R.T.C..

- [17] - R. BUCHALTER. Echelles de comptage à blocs-circuits. Electronique, Juin 1966. .
- [18] - J. HERBIN. Circuits registres. Blocs-circuits série I. Rapport du laboratoire d'Applications N° BC I - IO. COPRIM - R.T.C..
- [19] - Manuel Sous-ensemble TRANSCO. Blocs-circuits série I et IO. COPRIM - R.T.C..
- [20] - R. BUCHALTER. Horloge électronique numérique. Electronique et Automatisme, Janvier 1963, page 27.
- [21] - J. HERBIN. Fréquencemètre automatique à blocs-circuits. Electronique et Automatisme, Février 1963.
- [22] - R. BUCHALTER. Commande d'imprimante à blocs-circuits. Electronique et Automatisme, Septembre 1963, page 350.
- [23] - G. SALVIA. Machine Imprimante automatique. Electronique et Automatisme. Mars-Avril 1963, page 145.
- [24] - Introduction à l'utilisation des blocs-circuits fonctionnels, Deuxième partie, Bulletin Transco, page I, COPRIM - R.T.C..
- [25] - A. DANJON, J. TEXEREAU, B. GUINOT. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 1953, tome 237, page 281

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

"LES BINAIRE A COMPAGNONS INVISIBLES"

Vu et approuvé :

Paris, le 12 Juillet 1967

Le DOYEN de la FACULTES DES SCIENCES,

MARC ZAMANSKY

Vu et permis d'imprimer :

Le RECTEUR de l'ACADEMIE DE PARIS,

JEAN ROCHE

Imprimé à l'Observatoire de Paris

Dépôt légal : 3ème trimestre 1968

